



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN ECONOMÍA

FACULTAD DE ECONOMÍA

**CAPACIDADES TECNOLÓGICAS DEL SECTOR EÓLICO EN
MÉXICO: ANÁLISIS Y PERSPECTIVAS**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

DOCTOR EN ECONOMÍA

PRESENTA:

RAÚL ARTURO ALVARADO LÓPEZ

COMITÉ TUTOR:

DR. LEONEL CORONA TREVIÑO (TUTOR PRINCIPAL)

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECONOMÍA-UNAM

DR. SERGIO JAVIER JASSO VILLAZUL

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CONTADURÍA Y
ADMINISTRACIÓN-UNAM

DRA. MARÍA DE LOURDES ÁLVAREZ MEDINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CONTADURÍA Y
ADMINISTRACIÓN-UNAM

MÉXICO, D.F., JUNIO 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado:

Dr. Leonel Corona Treviño

División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía - UNAM

Dra. María de Lourdes Álvarez Medina

División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Contaduría y
Administración – UNAM

Dr. Sergio Javier Jasso Villazul

División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Contaduría y
Administración – UNAM

Dr. Ángel de la Vega Navarro

División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía - UNAM

Dr. Jorge Maximiliano Huacuz Villamar

Gerencia de Energías Renovables – Instituto de Investigaciones
Eléctricas

Agradezco

A la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México, por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios de Doctorado en esta gran Universidad, la máxima casa de estudios de la nación mexicana.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la beca otorgada durante mis estudios de Doctorado, sin la cual no hubiera sido posible realizar este sueño.

A mi tutor principal, el Dr. Leonel Corona Treviño, por creer en mí, por su confianza, por su apoyo, por su asesoría, la cual hizo posible la culminación del presente trabajo. Mi más sincero reconocimiento por ser un gran investigador pero sobre todo por ser un gran ser humano.

A los miembros del comité tutor, Dra. Ma. de Lourdes Álvarez Mediana y al Dr. Sergio Javier Jasso Villazul, por sus apreciables y relevantes enseñanzas, críticas, comentarios y sugerencias, pero sobre todo por acompañarme durante el todo el desarrollo del presente trabajo.

Al Dr. Jorge Maximiliano Huacuz Villamar, por sus atenciones y dedicación que mostro para conmigo en cada visita al Instituto de Investigaciones Eléctricas, por todas las sugerencias y valiosas aportaciones. Gracias por aceptar ser parte del jurado y dedicar su tiempo a la lectura del presente trabajo.

Al Dr. Ángel de la Vega Navarro, por aceptar ser parte del jurado, por su tiempo dedicado a la lectura del presente trabajo y sobre todo por sus invaluable comentarios, sugerencias y aportaciones.

Un especial agradecimiento y un reconocimiento muy especial a todas los especialistas (de las diversas empresas y las entidades de investigación y educación superior), que me permitieron entrevistarlos y por brindarme la información necesaria, sin la cual nunca hubiera sido posible documentar los casos de estudio en los que se fundamenta la presente investigación.

Un reconocimiento a todos los profesores que forman parte del Seminario en Economía y Administración de la Ciencia y la Tecnología (SEACyT), por compartir sus valiosos conocimientos y experiencia profesional. Y a mis compañeros del Centro de Economía Prospectiva en Ciencia y Tecnología (CEPCyT) y del SEACYT por compartir conmigo esta enriquecedora travesía de la Economía de la Innovación.

A mis hermanas y hermano por acompañarme durante toda la vida, pero sobre todo por soportarme (yo se que ha sido difícil). Y a mis sobrinas y sobrinos, con la certeza que seguirán haciendo de este mundo un lugar mejor.

De manera muy especial agradezco a mis padres por su cariño, comprensión y apoyo incondicional en las decisiones que he tomado en mi vida. Y por supuesto a Dios por todas las bendiciones que siempre me ha brindado.

Por último, quiero agradecer a todas aquellas personas (familiares y amigos) que siempre han estado a mi lado físicamente y a los que desde el cielo me siguen y me seguirán acompañando. Gracias por creer en mí.

A todos, sinceramente... Muchas Gracias

Finalmente quiero expresar que la responsabilidad de lo que se escribe en este trabajo es absolutamente mía.

Índice General

Índice de Figuras, Cuadros y Anexos	I
Abreviaturas	V
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Objetivos	3
Preguntas de investigación e hipótesis	4
Capítulo 1: Marco teórico conceptual: aprendizaje tecnológico, capacidades tecnológicas y costos de transacción	10
Introducción	10
1.1 Aprendizaje tecnológico	11
1.2 Capacidades tecnológicas	17
1.3 Retornos de la innovación	21
1.3.1 Relevancia de la innovación	22
1.3.2 Las fuentes de la innovación	26
1.4 La transferencia tecnológica	27
1.5 Conceptualización de la taxonomía de capacidades tecnológicas de Bell y Pavitt (1995) y algunas aplicaciones para México	30
1.6 El papel de las instituciones en la conformación de capacidades tecnológicas	36
1.7 Teoría de la empresa y costos de transacción	39
1.7.1 Cooperación entre organizaciones y costos de transacción	44
Conclusiones	52
Capítulo 2: Energías renovables en la diversificación energética y mitigación al cambio climático	55
Introducción	55
2.1 Cambio climático y estrategias de mitigación	57
2.2 Energías renovables a nivel mundial y cambio climático	60
2.2.1 La situación de las energías renovables en el contexto global	64
2.2.2 Sector eléctrico mundial y las energías renovables	66
2.2.3 Tendencias del sector de energías renovables a nivel mundial	72

2.3	<i>El sector eléctrico y las energías renovables en México</i>	77
2.3.1	La Reforma Energética y el aprovechamiento de las energías renovables en México	82
2.3.2	La situación de las energías renovables en México	88
2.3.3	Proyección a mediano plazo para las energías renovables en México	93
	Conclusiones	96
	Capítulo 3: La energía eólica a nivel mundial y en México	99
	Introducción	99
3.1	<i>Evolución tecnológica de la energía eólica</i>	101
3.1.1	Crisis energéticas y el inicio de los desarrollos tecnológicos modernos	103
3.1.2	Principales componentes de la tecnología eólica	107
3.1.3	Aerogeneradores de gran potencia vs de pequeña potencia	115
3.2	<i>Energía eólica a nivel mundial</i>	116
3.2.1	El contexto eólico mundial	117
3.2.2	El Protocolo de Kioto como incentivo para el desarrollo de la energía eólica en países en desarrollo	122
3.3	<i>Éxitos internacionales en el aprovechamiento de la energía eólica</i>	125
3.3.1	La industria eólica en España, un referente mundial	127
3.3.2	La industria eólica en China, un nuevo referente mundial	133
3.4	<i>La energía eólica en México</i>	140
3.4.1	Situación actual en el aprovechamiento de la energía eólica en México	143
3.5	<i>Marco normativo para el aprovechamiento eoloeléctrico en México</i>	151
3.5.1	Actores clave para hacer cumplir las normas y leyes en el aprovechamiento de la energía eólica	155
3.6	<i>Análisis de comparación entre México y los casos de éxito internacionales</i>	162
	Conclusiones	166
	Capítulo 4: Capacidades tecnológicas del sector eólico en México: El caso de los centros de I+D y las entidades de educación superior	170
	Introducción	170
4.1	<i>Aspectos metodológicos para el análisis de Capacidades Tecnológicas</i>	172
4.1.1	Matriz adaptada para el sector eólico en México	175

4.2 Áreas de oportunidad para la creación de capacidades tecnológicas en México	177
4.3 Análisis de capacidades tecnológicas en: Centros de I+D y Entidades de Educación Superior	190
4.3.1 Instituto Tecnológico del Istmo (ITI)	192
4.3.2 Instituto de Energía de la Universidad del Istmo, campus Tehuantepec (UNISTMO-Tehuantepec)	198
4.3.3 Instituto de Investigación Eléctricas (IIE)	205
4.3.4 Capacidades centradas en los centros de I+D y las entidades de educación superior	216
Conclusiones	219
Capítulo 5: Capacidades tecnológicas del sector eólico en México: El caso de las empresas	223
Introducción	223
5.1 La cadena de valor del sector eólico y los sectores industriales asociados	226
5.2 Análisis de capacidades tecnológicas las Empresas	230
5.2.1 Eléctrica del Valle de México, S. de R.L. de C.V. “Parque Eólico La Mata – La Ventosa”	232
5.2.2 CFE, “Parque Eólico La Venta I y II”	237
5.2.3 Acciona Energía	243
5.2.4 Capacidades centradas en empresas desarrolladoras y/u operadoras	250
5.2.5 CISA Energía	254
5.2.6 ESEASA Construcciones S.A. de C.V.	258
5.2.7 Trinity Industries	262
5.2.8 Capacidades centradas en empresas prestadoras de servicios y componentes	266
5.3 Análisis agregado de las capacidades tecnológicas construidas por las organizaciones estudiadas	269
Conclusiones	274
Capítulo 6: Perspectivas de las capacidades tecnológicas para el sector eólico en México	279
Introducción	279
6.1 Costos de transacción asociados al sector eólico en México	281
6.1.1 Costos de transacción asociados al desarrollo de proyectos eólicos	282

6.1.2	La cooperación como estrategia para reducir los costos de transacción derivados de la generación de capacidades tecnológicas	285
6.2	<i>Análisis de perspectivas para el sector eólico en México</i>	288
6.2.1	Perspectivas de las capacidades tecnológicas en el sector eólico “La visión del Estado”	292
6.2.2	Perspectivas de las capacidades tecnológicas en el sector eólico “La visión de las entidades de educación superior y centros de I+D”	298
6.2.3	Perspectivas de las capacidades tecnológicas en el sector eólico “La visión de las Empresas”	306
	<i>Conclusiones</i>	323
	CONCLUSIONES GENERALES	326
	RECOMENDACIONES DE POLÍTICA Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	343
	<i>Bibliografía</i>	349
	<i>Anexos</i>	359

Índice de Figuras, Cuadros y Anexos

Índice de Figuras

<i>Figura 1: Diez tipos de aprendizaje por parte de las organizaciones de países en desarrollo</i>	16
<i>Figura 2: Proceso en la construcción de capacidades tecnológicas</i>	18
<i>Figura 3: El proceso del aprendizaje a la innovación</i>	20
<i>Figura 4: Funciones técnicas para la acumulación de capacidades tecnológicas de la organización</i>	34
<i>Figura 5: El papel de las instituciones en el contexto económico</i>	38
<i>Figura 6: Costos de Transacción</i>	46
<i>Figura 7: El efecto invernadero</i>	58
<i>Figura 8: Distribución de la oferta mundial de energía, 1990-2010</i>	65
<i>Figura 9: Consumo final de electricidad a nivel mundial (%), 2012</i>	66
<i>Figura 10: Capacidad de generación de energía eléctrica en países miembros de la OCDE (GWh), 2012</i>	68
<i>Figura 11: Generación eléctrica mundial por fuentes renovables (%), 2012</i>	71
<i>Figura 12: Ventas internas de energía eléctrica en México (%), 2013</i>	78
<i>Figura 13: Precio medio de energía por tipo de usuario (Pesos KWh), 2003-2013</i>	80
<i>Figura 14: Capacidad efectiva instalada nacional (participación porcentual), 2013</i>	82
<i>Figura 15: Evolución histórica del marco legal y regulatorio del sector eléctrico y de las energías renovables en México</i>	84
<i>Figura 16: Metas nacionales de generación de energía limpia (% de la generación total)</i>	86
<i>Figura 17: Participación por fuentes en la capacidad efectiva de centrales legadas y externas legadas (%), 2013</i>	90
<i>Figura 18: Participación por fuentes en la generación bruta de energía de centrales legadas y externas legadas (%), 2013</i>	90
<i>Figura 19: Generación adicional por tecnología y escenarios al 2028 (GWh/año)</i>	95
<i>Figura 20: Evolución de las tecnologías eólicas</i>	103
<i>Figura 21: Aerogenerador experimental de 100 KW</i>	105
<i>Figura 22: Componentes centrales de la turbina eólica</i>	110
<i>Figura 23: Conversión de energía y componentes del sistema</i>	114
<i>Figura 24: Capacidad acumulada de energía eólica instalada a nivel mundial (MW), 1997-2014</i>	118
<i>Figura 25: Capacidad anual de energía eólica instalada a nivel mundial (MW), 1997-2014</i>	119
<i>Figura 26: Líderes mundiales en capacidad Instalada acumulada al 2014 (MW)</i>	120
<i>Figura 27: Países líderes mundiales en nueva capacidad Instalada del 2014 (MW)</i>	121
<i>Figura 28: Líderes mundiales por regiones en nueva capacidad Instalada del 2014 (MW)</i>	121
<i>Figura 29: Evolución anual y acumulada de la capacidad eólica instalada en España (MW), 1998-2013</i>	132
<i>Figura 30: Evolución anual y acumulada de la capacidad eólica instalada en China (MW), 2001-2014</i>	138
<i>Figura 31: Principales regiones en México con potencial para el desarrollo de proyectos eólicos de gran potencia</i>	141
<i>Figura 32: Capacidad Instalada Acumulada en México al 2014 (MW)</i>	147
<i>Figura 33: Capacidad instalada por desarrollador en México al 2014 (MW)</i>	148
<i>Figura 34: Actuales esquemas de operación en el sector eólico en México al 2014</i>	

(Porcentaje de MW instalados)	149
Figura 35: Distribución porcentual del mercado de turbinas en México al 2014 (Porcentaje de MW instalados)	150
Figura 36: Leyes para el aprovechamiento de la energía eólica en México y su impacto en el desarrollo eólico	154
Figura 37: Estructura de la nueva industria eléctrica mayorista en México	156
Figura 38: Suministradores del Sistema Eléctrico Nacional	157
Figura 39: Estructura de los Certificados de Energías Limpias y Emisiones Contaminantes	159
Figura 40: Nueva estructura del SEN después de la Reforma Energética	160
Figura 41: El método del estudio de casos múltiple	174
Figura 42: Cadena de valor para la industria eólica	181
Figura 43: Objetivo y estrategias en el mapa de ruta para la energía eólica en México	183
Figura 44: Beneficios a sectores industriales por el aprovechamiento eólico	185
Figura 45: Proyecto eólico: integración vertical	187
Figura 46: Variables para el desarrollo de una industria local	188
Figura 47: Cadena de proveeduría de energía eólica en México	189
Figura 48: Estructura de la cadena de valor de la energía eólica	228
Figura 49: Distribución geográfica de los miembros iniciales del CIMIE-Eólico	302

Índice de Cuadros

Cuadro 1: Tipos de capacidades tecnológicas	31
Cuadro 2: Matriz de capacidades tecnológicas (Bell y Pavitt, 1995)	32
Cuadro 3: Algunas aplicaciones de la metodología de Bell y Pavitt (1995)	35
Cuadro 4: La cooperación en las organizaciones	49
Cuadro 5: Características de las transacciones	50
Cuadro 6: Estructuras eficientes de organización de las transacciones	51
Cuadro 7: Generación eléctrica mediante fuentes renovables para economías seleccionadas (GW), 2012	70
Cuadro 8: Capacidad instalada para la generación de electricidad en el Mundo, 2013	73
Cuadro 9: Capacidad instalada para la generación de electricidad en el Mundo con fuentes renovables de energía (GW), 2014-2035	73
Cuadro 10: Proyección en la participación de las fuentes renovables por tipo de uso (TWh), 2020 y 2035	74
Cuadro 11: Principales países con participación de fuentes renovables para la generación de energía eléctrica (%), 2010 y 2035	75
Cuadro 12: Países con mayor capacidad instalada en energías renovables al 2013	75
Cuadro 13: Principales empresas con inversión en I+D en Energías Renovables en el Mundo, 2011	76
Cuadro 14: Principales empresas de generación de electricidad con energías renovables, 2013	77
Cuadro 15: Costos unitarios de generación de energía eléctrica en la CFE (pesos/MWh), 2013	81
Cuadro 16: Legislaciones secundarias aplicables a la reforma energética de 2013	83
Cuadro 17: Producción de energía primaria en México (Petajoules), 2012-2013	88
Cuadro 18: Capacidad instalada en operación y en construcción de energías renovables en México, 2013	91
Cuadro 19: Centrales para la generación de electricidad con fuentes de energía renovables en México por entidad federativa y tipo de fuente (MW en operación y	

construcción), 2013	92
Cuadro 20: Principales empresas con mayor presencia en el sector de energías renovables en México, 2013	93
Cuadro 21: Capacidad instalada adicional en México para la generación de energía eléctrica a partir de energías renovables 2013-2027 (MW)	95
Cuadro 22: Capacidad adicional del Sector Público 2013-2027 (MW)	96
Cuadro 23: Principales empresas manufactureras de aerogeneradores, y cuota de mercado, 2013	122
Cuadro 24: Políticas de fomento a las energías renovables y la energía eólica en España	130
Cuadro 25: Políticas y regulaciones en el fomento a la energía eólica en China	136
Cuadro 26: Modelo de desarrollo tecnológico en la industria eólica China	139
Cuadro 27: Parques eólicos operados en el Estado de Oaxaca al 2014	145
Cuadro 28: Parques eólicos operados en otros Estados de Republica al 2014	146
Cuadro 29: Esquemas para la generación de energía por parte de la inversión privada	152
Cuadro 30: Marco legal y regulatorio del Sistema Eléctrico Nacional	153
Cuadro 31: Actores centrales del sector eléctrico mexicano	160
Cuadro 32: Aspectos comparativos en el aprovechamiento eólico entre España, China y México	164
Cuadro 33: Matriz adaptada de Bell y Pavitt (1995) adaptada para el análisis de capacidades tecnológicas del sector eólico en México	176
Cuadro 34: Análisis DAFO para la energía eólica en México	179
Cuadro 35: Mapa de ruta para la Energía Eólica en México	184
Cuadro 36: Como implementar el contenido local en los proyectos eólicos	188
Cuadro 37: Estudios de Caso: centros de I+D y de educación superior	192
Cuadro 38: Actividades del ITI en la matriz de capacidades tecnológicas	194
Cuadro 39: Actividades del Instituto de Energía de la UNISTMO en la matriz de capacidades tecnológicas	201
Cuadro 40: Actividades del IIE-CERTE en la matriz de capacidades tecnológicas	212
Cuadro 41: Matriz integrada de las actividades tecnológicas de innovación para centros de I+D y entidades de educación superior	217
Cuadro 42: Estudios de Caso: las empresas	231
Cuadro 43: Actividades de Eléctrica del Valle de México en la matriz de capacidades tecnológicas	234
Cuadro 44: Actividades de la CFE en la matriz de capacidades	240
Cuadro 45: Actividades de Acciona Energía en la matriz de capacidades tecnológicas	246
Cuadro 46: Matriz integrada de las actividades tecnológicas de innovación para empresas desarrolladoras y operadoras	251
Cuadro 47: Actividades de CISA Energía en la matriz de capacidades tecnológicas	256
Cuadro 48: Actividades de ESEASA Construcciones en la matriz de capacidades tecnológicas	260
Cuadro 49: Actividades de Trinity Industries en la matriz de capacidades tecnológicas	264
Cuadro 50: Matriz integrada de las actividades tecnológicas de innovación para Empresas de servicios y componentes	267
Cuadro 51: Matriz agregada de las capacidades tecnológicas para el sector eólico en México (a partir de los casos de estudio)	270
Cuadro 52: Metas del sector eléctrico en México	292
Cuadro 53: Estimación del crecimiento anual de la capacidad instalada eólica en México (2015-2018)	294
Cuadro 54: Estimación del crecimiento anual de generación eoloeléctrica en México (2015-2018)	294

<i>Cuadro 55: Principales líneas de investigación del CEMIE-Eólico</i>	300
<i>Cuadro 56: Socios iniciales del Consorcio</i>	300
<i>Cuadro 57: Misión, Visión y Objetivos del CEMIE-Eólico</i>	303
<i>Cuadro 58: Proyectos iniciales del CEMIE-Eólico</i>	303
<i>Cuadro 59: Capacidades tecnológicas específicas</i>	307
<i>Cuadro 60: Empresas entrevistadas para en análisis de perspectivas</i>	308
<i>Cuadro 61: Perspectivas de GE en torno a las capacidades tecnológicas específicas</i>	311
<i>Cuadro 62: Perspectivas de Vestas en torno a las capacidades tecnológicas específicas</i>	313
<i>Cuadro 63: Perspectivas de Acciona en torno a las capacidades tecnológicas específicas</i>	314
<i>Cuadro 64: Perspectivas de Siemens en torno a las capacidades tecnológicas específicas</i>	316
<i>Cuadro 65: Perspectivas de Potencia Industrial en torno a las capacidades tecnológicas específicas</i>	317
<i>Cuadro 66: Perspectivas de Eléctrica del Valle de México en torno a las capacidades tecnológicas específicas</i>	318
<i>Cuadro 67: Perspectivas de Trinity Industries en torno a las capacidades tecnológicas específicas</i>	320
<i>Cuadro 68: Perspectivas de Cisa Energía en torno a las capacidades tecnológicas específicas</i>	321

Índice de Anexos

<i>Anexo 1: Formas de cooperación entre organizaciones</i>	359
<i>Anexo 2: Evolución histórica de la tecnológica eólica</i>	360
<i>Anexo 3: Mapa tecnológico de aerogeneradores en el Mundo</i>	372
<i>Anexo 4: Instrumento de aplicación de la metodología</i>	373
<i>Anexo 5: Principales empresas relacionadas con la industria eólica en España al 2013</i>	377

Abreviaturas

AMDEE	Asociación Mexicana de Energía Eólica
BID	Banco Interamericano para el Desarrollo
BM	Banco Mundial
CEMEX	Cementos Mexicanos
CERs	Reducciones Certificadas de Emisiones
CEMIEs	Centros Mexicanos de Innovación en Energía
CEMIE-Eólico	Centro Mexicano de Innovación en Energía Eólica
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CERTE	Centro Regional de Tecnología Eólica
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CH4	Metano
CIATEQ	Centro de Tecnología Avanzada – Querétaro
CICESE	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
CIDESI	Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial
CIE	Comercio Internacional de Emisiones
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas-España
CINVESTAV	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
CO2	Dióxido de carbono
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
COP	Conferencias de las Partes
CRE	Comisión Regulatoria de Energía
DGEST	Dirección General de Educación Superior Tecnológica
DOF	Diario Oficial de la Federación
FCCyT	Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A. C.
FSE	Fondo de Sustentabilidad Energética
GEF	<i>Global Environment Fund</i> (Fondo Mundial para el Medio Ambiente)
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GEIQ	<i>General Electric Infrastructure</i> Querétaro
GENC	Gerencia de Energías No Convencionales del IIE
GER	Gerencia de Energías Renovables del IIE
GW	Gigawatt (equivalentes a 1000 MW)
GWh (GW/h)	Gigawatt-hora
GWEC	<i>Global Wind Energy Council</i> (Consejo Global de Energía Eólica)
G1AR5	Grupo de Trabajo I del IPCC al Quinto Informe
G2AR5	Grupo de Trabajo II del IPCC al Quinto Informe
Hz	Hertz
I+D	Investigación y Desarrollo
I+D,D	investigación, desarrollo tecnológico y demostración
IEA	<i>International Energy Agency</i> (Agencia Internacional de Energía)

IIE	Instituto de Investigaciones Eléctricas
INAOE	Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica
INTA	Instituto de Técnica Aeroespacial - España
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático)
ITI	Instituto Tecnológico del Istmo
ITL	Instituto Tecnológico de La Laguna
ITCH	Instituto Tecnológico de Chihuahua
ITESM	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
ITSES	Instituto Tecnológico Sanmiguelense de Educación Superior
LAERFTE	Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética
LGCC	Ley General de Cambio Climático
LSPEE	Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica
m	Metros
mm	Milímetros
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MDD	Millones de Dólares de Americanos
MEM	Maquina Eólica Mexicana
NOx	Óxidos de nitrógeno
Mtoe	Megatonelada equivalente de petróleo
Mtpe	Millones de toneladas equivalentes de petróleo
MW	Megawatts (equivalente a 1000 KW)
NEI	Nueva Economía Institucional
N2O	Óxido nitroso
O3	Ozono
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPF	Obra Pública Financiada
OTEP	Oferta total de energía primaria
O&M	Operación y Mantenimiento
PEAER	Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables 2014-2018
PEFRHME	Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética
PIE	Productor Independiente de Energía
PIB	Producto Interno Bruto
PJ	Petajoules
PK	Protocolo de Kioto
PMA	Países Menos Adelantados
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNP	Programa Nacional de Posgrados del CONACYT
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PRODIAT	Programa de Desarrollo de las Industrias de Alta Tecnología

RH	Recursos Humanos
RLAERFTE	Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética
RLSPEE	Reglamento de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica
RU	Reino Unido
SE	Secretaría de Economía
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SENER	Secretaría de Energía
SEP	Secretaría de Educación Pública Federal
SO ₂	Dióxido de azufre
SRREN	<i>Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation</i> (Informe Especial sobre Fuentes de Energía Renovables y Mitigación del Cambio Climático)
SUNEO	Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca
TMCA	Tasa media de crecimiento anual
TWh	Teravatio-hora (Terawatt-hora)
UAQ	Universidad Autónoma de Querétaro
UAT	Universidad Autónoma de Tamaulipas
UAZ	Universidad Autónoma de Zacatecas
UE	Unión Europea
UJAT	Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
UMICH	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
UNISTMO	Universidad del Istmo
UPCH	Universidad Politécnica de Chiapas
USA	<i>United States of America</i> (Estados Unidos de Norteamérica)
USD	Dólares Americanos
UTVCO	Universidad Tecnológica de Valles Centrales de Oaxaca
UV	Universidad Veracruzana
V	Voltio
W/m ²	Watt por metro cuadrado
WWEA	<i>World Wind Energy Association</i> (Asociación Mundial de Energía Eólica)

INTRODUCCIÓN GENERAL

La energía eólica, es la energía que se obtiene a través del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire. Históricamente esta energía ha sido utilizada por diversas sociedades y para diferentes fines, tal es el caso del impulso de los barcos de vela y los molinos de viento difundidos por diferentes partes de Europa. Actualmente, la energía eólica es utilizada alrededor del Mundo, principalmente para producir energía eléctrica¹.

La importancia en el uso de la energía eólica se centra en que es un recurso abundante, renovable, limpio y que además ayuda de manera importante a disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI²), ya que permite sustituir termoeléctricas a base de combustibles fósiles (o bien puede funcionar como un complemento de éstas u otras fuentes de generación), lo cual hace de la energía eólica una energía sustentable³. En Europa ha sido donde en mayor medida se ha explotado/explorado la energía eólica a lo largo de la historia, y en consecuencia donde se han realizado los mayores avances tecnológicos asociados al aprovechamiento de esta fuente de energía. Sin embargo, en los últimos años otros países fuera de Europa han comenzado a tener una mayor presencia, tanto en su capacidad instalada como en la consolidación de una industria asociada al sector eólico, tal es el caso de China e India, sólo por mencionar algunos.

Un hecho histórico paradigmático que favoreció la explotación más intensiva de ésta energía fue la crisis internacional del petróleo desencadenada en 1973, ya que por los efectos de esta crisis, países dependientes del petróleo (y de otras fuentes fósiles de energía) buscaron alternativas para reducir tal dependencia energética, por tal motivo, la exploración y explotación de los diferentes recursos energéticos renovables con los que cuentan fueron una alternativa para abastecer sus requerimientos energéticos (tales como el sol, el viento y el agua). Desde dicha época, los desarrollos tecnológicos para aprovechar los recursos energéticos renovables no han dejado de evolucionar y perfeccionarse, lo cual ha permitido que se sigan difundiendo paulatinamente en otros países, destacando que la energía eólica ha sido una de las energías renovables que

¹ Esto mediante generadores que aprovecha la fuerza del viento, transformando la energía cinética en energía mecánica y ésta a su vez en energía eléctrica.

² Son seis principales gases causantes del calentamiento global, estos son: dióxido de carbono (CO₂); gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC); Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆).

³ También denominada energía verde o energía limpia.

mayor penetración ha logrado tener alrededor del Mundo en los últimos años y de la que se espera siga teniendo un papel preponderante en el futuro.

Se ha demostrado que la energía eólica y en general el conjunto de las energías renovables “pueden brindar mayor seguridad energética, pues son recursos inagotables que podrían ayudar a estabilizar los precios de otros energéticos (principalmente de los fósiles); tienen múltiples beneficios para la economía, como reactivación de industrias, creación de empleos y fomento de inversiones” (Huacuz, 2008: 64). Es así que el aprovechamiento de las energías renovables abren diversas ventanas de oportunidad, principalmente para aquellos países que cuentan con dichos recursos, que si bien la mayor parte de los recursos energéticos renovables se encuentran presentes en casi todo el Mundo, hay regiones más privilegiadas en la cantidad y calidad para disponer de ellos (principalmente solares, eólicos e hídricos) y aprovecharlos como fuentes generadoras de electricidad.

La República Mexicana cuenta con recursos eólicos abundantes y en particular en algunas zonas como La Ventosa en el Estado de Oaxaca, donde el viento tiene características de velocidad y persistencia que la posiciona como una de las mejores en el Mundo, pero también se encuentra presente de manera importante en muchas otras regiones de la República, sin embargo la realidad es que actualmente sigue siendo poco el recurso eólico aprovechado en comparación con el potencial con el que se dispone. El aprovechamiento de la energía eólica en México mediante proyectos de gran potencia es relativamente actual, entrando en operación el primer proyecto piloto en 1994, llamado la Venta I, el cual contó con una capacidad instalada de apenas 1.6 Megawatts (MW), el proyecto fue desarrollado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Y doce años más tarde entro en operación comercial el segundo proyecto eólico de gran potencia con una capacidad instalada de 83.3 MW, también desarrollado y operado por la CFE, el parque eólico es nombrado la Venta II. Después de este segundo parque eólico y con la reforma efectuada a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE, 1992), inicio el desarrollo de un mayor número de proyectos por parte del sector privado. Al finalizar el 2014, México contaba con una capacidad instalada de 2,551 MW⁴, y según las proyecciones a mediano y largo plazo se espera alcanzar entre los años 2020-2022 una capacidad instalada de entre 12,000 y 15,000 MW (proyección esperada a partir del nuevo marco

⁴ Según la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE), disponible en: <http://www.amdee.org/viento-en-numeros> (fecha de consulta: Abril de 2015).

institucional para el sector energético, en particular a partir de la Reforma Energética del 2013).

Ahora es necesario subrayar que la sola existencia del recurso eólico no es suficiente, ya que una adecuada explotación del recurso con el que cuentan el país así como el interés para alcanzar los objetivos de crecimiento en el aprovechamiento de ésta fuente de energía, requiere necesariamente de más y mejores tecnologías, muchas de las cuales ya se encuentran ampliamente difundidas en diversos países líderes en el sector (donde ya se consideran tecnologías maduras⁵), sin embargo el reto para la adecuada explotación del potencial eólico en México es la construcción de capacidades tecnológicas locales, que permitan no sólo la apropiada utilización de las tecnologías, sino una adecuada incorporación y asimilación tecnológica que permitan el desarrollo de tecnologías propias y la consolidación de una cadena de suministros que se capaz de dar respuesta a los crecientes requerimientos del sector (a partir de las previsiones de crecimiento de la energía eólica en México), es decir poder desarrollar una industria local que dé respuesta a la creciente demanda del sector y que genere más y mejores beneficios para la población (mediante la generación de empleos más calificados, mayor acceso a la educación y mejores servicios).

En la medida en que se logren construir más y mejores capacidades tecnológicas locales y que se cuente con una cadena de valor local asociada al sector será posible que el sector eólico sea un polo de desarrollo y crecimiento tanto para el ámbito económico, como en lo social y el ambiental. Bajo estas consideraciones, a continuación se presentan los objetivos, las preguntas y las hipótesis planteadas para la presente investigación:

Objetivos

Objetivo general:

Describir y analizar la situación actual en el aprovechamiento de la energía eólica en México e identificar y explicar el tipo de capacidades tecnológicas construidas por las organizaciones (empresas, centros de I+D y universidades) que de alguna manera participan en el sector eólico en México.

⁵ Se considera que una tecnología es madura cuando esta se encuentra ampliamente difundida entre los países, regiones y/o sectores productivos.

Objetivos particulares:

- Identificar los sucesos (ambientales, institucionales, etc.) que han impulsado el desarrollo de proyectos eolieléctricos en México y en el Mundo.
- Identificar y explicar las principales actividades realizadas por diferentes organizaciones en el sector eólico en México y cómo dichas actividades han permitido la construcción de capacidades tecnológicas.
- Clasificar y categorizar las capacidades tecnológicas identificadas en cada uno los casos de estudios.
- Analizar si las capacidades tecnológicas con las que actualmente cuentan las organizaciones estudiadas, los marcos institucionales y normativos son suficientes para la consolidación de más y mejores capacidades tecnológicas locales.
- Conocer las perspectivas que tienen los diferentes agentes (Estado, empresas y entidades de educación superior e investigación) en la construcción de capacidades tecnológicas locales.

Preguntas de investigación e hipótesis

La presente investigación se estructura con las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuáles han sido los principales sucesos que han favorecido el desarrollo de proyectos eólicos en México y cuál es su situación actual? y ¿Cuál es el futuro en el desarrollo de estos proyectos en México?
2. ¿Las organizaciones que participan en el sector eólico en México han logrado construir capacidades tecnológías? y ¿De qué tipo son y en qué nivel se encuentran?
3. ¿Las capacidades tecnológicas con las que cuentan las organizaciones estudiadas son suficientes para una mayor participación de la industria local en el sector?
4. ¿Qué perspectivas tienen los diferentes agentes (Estado, empresas y entidades de educación superior e investigación) en la construcción y consolidación de capacidades tecnológicas locales en el sector?
5. ¿Se han establecido acuerdos de cooperación (vínculos) entre las diferentes organizaciones del sector eólico en México que permitan impulsar la construcción mayores capacidades tecnológicas?

Las **hipótesis** de investigación que buscan dar respuesta a las preguntas anteriormente planteadas son:

H1. “El desarrollo de proyectos eólicos en México ha sido impulsado por diferentes motivaciones tanto internas como externas, tales como: ambientales, seguridad energética; modificaciones a los marcos normativos existentes para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía y el aprovechamiento de los recursos eólicos existentes. En el desarrollo de dichos proyectos, organizaciones de diferente origen y perfil han participado en distintas actividades, lo cual les ha permitido construir diversas capacidades tecnológicas, tanto locales como externas en el sector.”

H2. “Las capacidades tecnológicas con las que cuentan las diferentes organizaciones van desde la formación de recursos humanos; mejoras tecnológicas; desarrollo de componentes y equipos, actividades de I+D; vinculación tecnológica; etc., algunas de las cuales son desarrolladas localmente y otras en el exterior. Las capacidades tecnológicas construidas en el exterior cuentan con un mayor nivel de innovatividad, sin embargo dichas capacidades no son difundidas en México, lo cual limita la participación de la industria local en el sector. No obstante lo anterior, los posesos de cooperación tecnológica podrían detonar la construcción de capacidades tecnológicas locales.”

Para comprobar las hipótesis anteriormente planteadas se realizó un estudio de casos múltiple tomando de referencia el marco analítico (metodológico) de Bell y Pavitt (1995), quienes construyen una taxonomía de capacidades tecnológicas para la industria manufacturera de países en desarrollo, matriz a la cual se le realizan algunas adaptaciones para el análisis de la industria eólica en México. La nueva matriz adiciona elementos relevantes como el tema de formación de recursos humanos y el reclutamiento de personal capacitado; la maquila o ensamble de componentes y equipos en territorio nacional; vinculación del tipo universidad-empresa-Gobierno; entre otras actividades que son centrales para las organizaciones y el sector aquí analizado.

El estudio buscó caracterizar (detectar) y analizar las capacidades tecnológicas de innovación de las diferentes organizaciones estudiadas (estudios de caso), es un análisis de corte trasversal (de fotografía), es decir se realiza un estudio observacional y

descriptivo en un sólo momento temporal. La unidad de análisis para la presente investigación son: las organizaciones estudiadas, las cuales son seleccionadas mediante las actividades que dichas organizaciones realizan o han realizado para el sector eólico en México. Así mismo, son elegidas por la accesibilidad para proporcionar la información necesaria para el estudio (ya que hubiera sido deseable integrar a un mayor número de organizaciones pero mucha de ellas no accedieron a proporcionar información). Como ya se mencionó, la metodología se sustenta en un estudio de casos múltiple, a partir del estudio de nueve organizaciones para el análisis de capacidades tecnológicas, organizaciones pertenecientes al sector productivo (empresas) así como entidades de educación superior y centros de I+D. En un segundo momento se incorporaron a la investigación algunas otras empresas para el análisis de perspectivas en torno al desarrollo de capacidades tecnológicas del sector eólico en México (ocho empresas, donde cuatro de éstas son parte de los estudios de caso).

Pero a todo esto es necesario preguntarse ¿Qué se entiende por capacidades tecnológicas?, para entender el concepto de capacidades tecnológicas, en la presente investigación, se parte de la definición de Kim (1997: 86) quien las describe como: “las habilidades para hacer uso efectivo del conocimiento tecnológico para asimilar, utilizar, adaptar y cambiar las tecnologías existentes. Esto también permite crear nuevas tecnologías y desarrollar nuevos productos y procesos como respuesta al entorno económico cambiante” y competitivo.

Por lo tanto, son las “disposiciones adquiridas por medio del aprendizaje tecnológico en un contexto social y cultural favorable, [...] las cuales implican la opción de potencializar las oportunidades y las posibilidades en el desarrollo de la innovación tecnológica, con la intención de fortalecer las capacidades individuales y colectivas para fomentar lo que las personas y las sociedades quieren y pueden ser” y hacer Carvajal (2010: 2).

Los nueve casos de estudio analizados, son organizaciones que de alguna manera participan o han participado en actividades para el sector eólico en México, y se enumeran a continuación:

1) Instituto Tecnológico del Istmo (ITI)	2) Instituto de Energía de la UNISTMO-Tehuantepec
3) Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) Centro Regional de Tecnología Eólica (CERTE)	
4) Eléctrica del Valle de México, S. de R.L. de C.V. “Parque Eólico La Mata – La Ventosa”	5) Comisión Federal de Electricidad (CFE) “Parque Eólico La Venta I y II”
6) Acciona Energía “Parques eólicos Eurús y Oaxacas”	7) CISA Energía
8) ESEASA construcciones S.A. de C.V.	9) Trinity Industries

Como se puede observar hay organizaciones pertenecientes al sector educativo e investigación y organizaciones (empresas) del sector productivo y de servicios, la evidencia fue recolectada principalmente mediante entrevistas realizadas durante los años 2013 y 2014.

Hay que destacar que si bien las organizaciones aquí analizadas no representan el universo del sector eólico en México, si son organizaciones centrales en el sector y que por lo tanto, la evidencia encontrada ayuda a entender en cierta medida cuál es la situación del sector eólico en México. Para el análisis de capacidades tecnológicas se realizó un estudio de manera individual por cada caso, además de un análisis agregado de las organizaciones a partir de las funciones o actividades que realizan para el sector eólico. El primer grupo de organizaciones se encuentra integrado por Centros de Educación Superior (Universidades e Institutos) y Centros de I+D, el segundo grupo son organizaciones desarrolladoras y/o operadoras de parques eólicos y finalmente un tercer grupo de se encuentra integrado por empresas que desarrollan algún componente y/o prestan algún servicio a los parques eólicos en México. Dando una pequeña aproximación a los resultados de la presente investigación se puede mencionar que al evidencia a mostrado que las capacidades tecnológicas encontradas son principalmente básicas e intermedias y muy pocas de ellas basadas en el diseño o desarrollo de tecnologías de gran potencia ya que en términos generales las capacidades se han concentrado en la formación de recursos humanos y en el desarrollo de vínculos de cooperación tecnológica. Además de que las capacidades tecnológicas vinculadas en un mayor grado de innovación son construidas y acumuladas en el exterior y no difundidas en México.

Por lo tanto, hay que destacar que si bien la tecnología eólica implementada en México ha

podido ser incorporada de manera más o menos eficiente y de manera sostenida, aún falta mucho por hacer para construir más y mejores capacidades tecnológicas locales para adaptar y modificar las tecnologías con el fin de generar un mayor número de innovaciones en el sector (innovaciones locales y con un mayor valor agregado).

Por otra parte es importante subrayar que el tema de la cooperación entre las organizaciones es un elemento recurrente en los casos estudiados, lo cual no es una cosa menor, ya que en el contexto la cooperación y colaboración tecnológica son un elemento de vital importancia para la construcción de capacidades tecnológicas locales, considerando que en un ambiente cooperativo la socialización de conocimiento y del aprendizaje tecnológico surge de manera más eficiente y económica, esto al reducir los costos de transacción asociados a la transferencia de conocimiento y a la construcción de capacidades tecnológicas. El trabajo colaborativo o trabajo en red entre diferentes organizaciones puede ser un factor de transformación tanto a nivel social como económico en donde el avance tecnológico en determinado sector productivo puede ser beneficiado de manera importante. Este y otros aspectos serán presentados a lo largo del trabajo.

El documento se encuentra dividido en seis Capítulos, además de esta breve Introducción General, Conclusiones Generales y Anexos. En el primer Capítulo se presenta el marco teórico conceptual referente a los temas de aprendizaje tecnológico, capacidades tecnológicas y costos de transacción. El segundo Capítulo corresponde a un marco contextual respecto a las energías renovables tanto a nivel mundial como en México para de ésta manera poder ubicar a la energía eólica dentro del tejido de las energías renovables, además en éste segundo Capítulo se hace un análisis del nuevo marco institucional y normativo mexicano en que se enmarcan el impulso al desarrollo de las energía renovables.

El tercer Capítulo, aborda el tema de la energía eólica para conocer cuál ha sido su evolución en el contexto mundial así como los factores claves para el despliegue de dicha energía, en particular se analiza el caso de México (entorno a su evolución, sus participantes y los marcos normativos que han impulsado esta fuente de energía), además en este Capítulo se presenta un breve análisis de los principales aspectos institucionales que han hecho de China y España, dos casos paradigmáticos exitosos en la explotación de la energía eólica no sólo por su creciente dinamismo en la capacidad instalada, sino porque a la par han lograron consolidar una importante industria ligada al

aprovechamiento de la energía eólica. Además se presenta un breve análisis comparativo de los factores centrales que han hecho de los países antes mencionados un éxito y cuál es la situación en México.

Para el cuarto Capítulo se presenta el análisis de capacidades tecnológicas realizado a los casos pertenecientes a los Centros de I+D y las entidades de educación superior, hay que destacar que en el presente Capítulo se describen los aspectos metodológicos en los que se sustenta el análisis de capacidades tecnológicas para las organizaciones que se analizan en los Capítulos cuatro y cinco.

En el Capítulo cinco se presenta una breve descripción de la cadena de valor asociada al sector eólico en México y los sectores industriales asociados a dicha cadena, pero el grueso del Capítulo se dedica al análisis de las capacidades tecnológicas de las empresas, tanto del grupo de desarrolladoras y operadoras como del grupo de empresas de componentes y servicios.

El sexto y último Capítulo, presenta un breve análisis y reflexiones en torno al tema de costos de transacción asociados al desarrollo de proyectos eólicos y el papel de la cooperación entre las organizaciones como una estrategia para reducir los costos de transacción asociados a la difusión del conocimiento y a la generación de capacidades tecnológicas locales. En éste Capítulo, además se presenta un análisis de perspectivas en la construcción de capacidades tecnológicas para el sector eólico en México, para lo cual se presenta una exploración analítica desde la visión del Estado (a partir del análisis de los programas del Gobierno Federal), desde la visión de las entidades de educación superior e investigación (basado en el análisis del CEMIE-Eólico) y desde la visión de las empresas (para estas últimas se realizaron entrevistas a ocho empresas),

Finalmente después de las Conclusiones Generales, se presentan las recomendaciones de política y las posibles líneas de investigación futuras derivadas del presente trabajo.

Capítulo 1: Marco teórico conceptual: aprendizaje tecnológico, capacidades tecnológicas y costos de transacción

Introducción

Para Lundvall (1992), el recurso fundamental de la economía moderna es el conocimiento y, por lo tanto, el proceso más importante es el aprendizaje. Reconociendo que el aprendizaje es predominantemente un proceso interactivo, que es asimilado socialmente y el cual no puede entenderse sin tener en cuenta el contexto institucional y social en el que se desarrolla y acumula.

A nivel de la empresa, es necesario destacar que el aprendizaje es un proceso que surge como resultado la conformación/construcción de capacidades tecnológicas, es decir que se derivan de las experiencias y los esfuerzos deliberados para generar y acumular conocimientos útiles en favor de la innovación tanto a nivel incremental como radical, innovaciones que son aplicadas a sus procesos y/o productos o hasta en la propia organización de la empresa.

Hay que destacar que existe una amplia literatura sobre el aprendizaje y acumulación de capacidades tecnológicas, la cual establece el estrecho vínculo que existe entre ambos fenómenos ya que se considera que el aprendizaje es calificado como el medio que impulsa la construcción y acumulación de capacidades tecnológicas. Por ejemplo, para Kim (2000), el aprendizaje tecnológico se refiere a “cualquier proceso mediante el cual los recursos son dirigidos para generar y administrar el cambio técnico, capacidades que son incrementadas o reforzadas constantemente” por lo cual, tienen un carácter dinámico y acumulativo.

La construcción de capacidades tecnológicas se encuentra determinada por diferentes aspectos tanto internos como externos a la organización así como de elementos contextuales que establecen los intereses y las estrategias para generar y utilizar el conocimiento mediante un interés determinado. En este sentido, el marco institucional resulta ser un elemento central en el proceso de incentivar o en su caso desincentivar el desarrollo de capacidades tecnológicas.

Bajo las premisas anteriores, en el presente Capítulo se presenta la revisión hecha a la teoría del aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas en el marco de la

economía de la innovación así como unos los principales conceptos de la economía institucional y costos de transacción, la importancia de retomar ésta última teoría radica en que nos ofrece un marco que permite reforzar y analizar aspectos importantes en el desarrollo y fortalecimiento de las capacidades tecnológicas de las organizaciones. Para esto, el Capítulo se divide en siete apartados principales, en el primero se presenta el tema de aprendizaje tecnológico, en el segundo apartado se define y analiza el concepto en torno al cual gira el objetivo central de la tesis, es decir el tema de capacidades tecnológicas. Para el tercer apartado se analiza el tema de la innovación, esto considerando el estrecho vínculo que existe entre dichos conceptos, es decir: aprendizaje, capacidades tecnológicas e innovación. En el cuarto apartado se aborda el tema de la transferencia de tecnología ya que para el tema aquí analizado resulta de gran relevancia al ser un elemento importante para adquirir y desarrollar capacidades tecnológicas endógenas (locales) por parte de los países en desarrollo, en tanto en el quinto apartado se aborda el tema de la conceptualización e instrumentación para el análisis y caracterización de las capacidades tecnológicas desde la propuesta de Bell y Pavitt (1995) “matriz de capacidades tecnológicas”.

Finalmente en el sexto y séptimo apartado se presentan algunos conceptos centrales del marco teórico conceptual de la economía institucional y los costos de transacción, respectivamente, conceptos que resultan relevantes para analizar y entender aspectos centrales en torno al tema de estudio de la presente investigación (sector eólico en México) haciendo especial énfasis en el tema de la cooperación desde el enfoque de la economía Institucional.

1.1 *Aprendizaje tecnológico*

El concepto de aprender, en muchas ocasiones, se le asocia exclusivamente a la acción de incorporar o acumular información. No obstante, el aprendizaje no es sólo la acumulación de determinada información (que en ocasiones pueden ser considerada desechable o temporal), sino que constituye posiblemente nuestro mayor capital o potencial, ya que aprender en términos generales puede ser referido hacia un cambio, es decir, permite crear, expandir y hasta dirigir el futuro (el cual es incierto desde el enfoque heterodoxo de la economía), considerando que el aprendizaje brinda herramientas para

hacer frente a los retos que se presentan en el día a día.

Para muchos teóricos de las ciencias sociales, como la economía, administración, sociología, etc., indican que la capacidad de aprendizaje en las organizaciones (a decir: empresas, Gobiernos, universidades, etc.), establece o determina en cierto tiempo y circunstancias, no sólo su competitividad en el mercado, sino también su permanencia en éste (es decir su sobrevivencia en el mercado ante un escenario hostil y competitivo como los que se presentan en los sistemas económicos actuales).

El aprendizaje en las organizaciones, o como también se denomina, “a nivel de la empresa”, ha sido estudiado desde diferentes disciplinas (psicología, sociología, administración, teoría de las organizaciones, economía de la innovación, etc.), cada una de las cuales han realizado importantes aportes para la comprensión de los procesos de aprendizaje de las empresas (organizaciones), así como de sus productos o resultados económicos a lo largo de su historia (Dodgson, 1993).

En este punto, interesa identificar algunas definiciones y características que son importantes para entender el papel que juega el proceso de aprendizaje en la creación de capacidades tecnológicas y en particular las capacidades tecnológicas de innovación de las organizaciones.

Existen algunas corrientes de ciertas disciplinas que conceptualizan el aprendizaje a partir de sus productos o resultados, en tanto que otras estudian únicamente el proceso mediante el cual ocurre (por ejemplo, la psicología). Por ejemplo, Dodgson (1993: 377) utiliza ambos enfoques para describir el aprendizaje organizacional como “la manera en la cual las empresas construyen, nutren y organizan el conocimiento y las rutinas⁶ alrededor de sus actividades y al interior de sus culturas, y adaptan y desarrollan la eficiencia organizacional mejorando el uso de las habilidades de sus grupos de trabajo”.

Considerando que en los sistemas económicos actuales, un elemento fundamental en torno al aprendizaje es aquel que se socializa, “aprendizaje social” el cual según Olivé (2010: 66), puede lograrse por medio de la imitación, como ocurre en muchas especies animales, incluyendo a la especie humana. Además donde la información puede ser

⁶ Para Nelson y Winter (1982), “Las rutinas son una característica persistente de un organismo (en este caso la empresa) y determinan su posible comportamiento (aunque el comportamiento actual está determinado también por el medioambiente); son heredables en el sentido de que los organismos de mañana se generan de los de hoy, tienen las mismas características, y son seleccionables en el sentido de que los organismos con ciertas rutinas lo harán mejor que otras, y sí es así, su importancia relativa aumenta con el tiempo”.

transmitida por medio de lenguajes verbales y no verbales, los cuales pueden ser codificables en diferentes medios (tales como: tablillas de arcilla, papeles, libros, revista, discos magnéticos, servidores electrónicos, etc.) pero también esta información puede ser tacita y que mediante diferentes medios igualmente puede ser transmitida y/o socializada para diferentes fines.

En este punto, se destaca que un elemento importante es el aprendizaje organizacional o colectivo, el cual, hay que aclarar, resulta ser algo más que la suma de los aprendizajes individuales. Una organización aprende no sólo cuando un individuo hace mejor su trabajo, sino cuando, como resultado de ello, otros miembros actúan diferente (aprendizaje mutuo socializado). El aprendizaje en equipo es vital, porque la unidad fundamental del aprendizaje en las organizaciones modernas no es el individuo sino el equipo (el aprendizaje conjunto que se genera en éste). Lo anterior quiere decir que si los equipos no aprenden, las organizaciones no aprenden.

De esta manera, es que la construcción de una visión compartida supone aptitudes para configurar “visiones de futuro compartidas” que propicien un compromiso genuino, antes que un mero acatamiento a la visión del líder del equipo (o capitán). Asimismo, la disciplina del aprendizaje en equipo (en red) comienza con el diálogo, es decir, la capacidad de los miembros del equipo para suspender los supuestos e ingresar en un auténtico pensamiento conjunto e integral. Ello también supone aprender a identificar los patrones que erosionan los aprendizajes del grupo, es decir, los mecanismos de defensa, al ser detectados, pueden ser controlados y acelerar los procesos de aprendizaje. Para lo anterior, resulta necesario que exista un medio ambiente adecuado (un entorno con determinadas condiciones favorables).

De esta manera, se destaca la importancia de que los miembros del equipo posean una visión o pensamiento sistémico⁷, ya que sólo así es posible observar y resolver los problemas más profundos, y no en partes aisladas de un problema mayor.

Es así, que al aprendizaje social en un contexto económico puede ser analizado en varios niveles, siendo uno de los más importantes aquel que es dirigido hacia los sistemas productivos en el que se sustentan los procesos económicos, tal es el caso del

⁷ Pensamiento sistémico se refiere al modo de pensamiento que contempla el todo y sus partes, así como las conexiones entre éstas. Es un medio de reconocer las relaciones que existen entre los sucesos y las partes que los protagonizan, permitiéndonos mayor conciencia para comprenderlos, y capacidad para poder influir o interactuar con ellos.

“aprendizaje tecnológico”. De acuerdo con Bell y Pavitt (1995:164), el aprendizaje tecnológico se refiere a “cualquier proceso en el que los recursos son dirigidos para generar o administrar el cambio técnico y que además son incrementados o reforzados constantemente”, donde el objetivo es seguir siendo competitivos en el mercado, o por lo menos mantenerse posicionados en él.

Para Bell (1984), el proceso de aprendizaje tecnológico de las organizaciones no es automático, por el contrario, es por naturaleza gradual y acumulativa; se trata de un proceso social y colectivo, es local y tiene una dimensión tácita. De esta manera Bell (1984: 190) señala, “que es necesario invertir directamente en los procesos de aprendizaje para acumular (y/o desarrollar) capacidades tecnológicas; dicho proceso sobre todo requiere de una estrategia deliberada de aprendizaje” (inversión deliberada y consiente en los procesos de aprendizaje de la organización).

Bell y Pavitt (1995) describen que el aprendizaje que nos lleva al desarrollo de capacidades tecnológicas, no se da en un tiempo determinado ya que dependen de los esfuerzos individuales y colectivos a nivel local (en la organización) o global (país o región). Estos autores argumentan que es necesario diferenciar entre la acumulación de cierta cantidad de recursos y el uso de ellos para generar y administrar determinados procesos de innovación.

Hay que destacar que los procesos de aprendizaje tecnológico y por lo tanto, el desarrollo de capacidades tecnológicas entre las organizaciones de los países desarrollados y en desarrollo son totalmente diferentes, ya que estos últimos, por lo general, se enfrentan a un entorno donde la tecnología no es fácilmente apropiable, donde las instituciones y estructuras sociales surgen en un marco institucional, social y económico totalmente diferente. Bajo estos principios autores como Bell (1984), Bell y Pavitt (1995), Dutrénit, (2000), Lall (1987, 2000), entre otros, analizan el concepto de aprendizaje tecnológico a partir de los países en desarrollo y generando importantes aportes al tema de aprendizaje y capacidades tecnológicas de las empresas en países en desarrollo.

Considerando que para Bell y Pavitt (1995), el aprendizaje tecnológico se refiere a las destrezas técnicas y al conocimiento adquirido por los individuos y, a través de ellos, por las organizaciones. Ellos distinguen básicamente dos tipos de procesos de aprendizaje, que se describen a continuación:

1. El primero se refiere a un proceso por el cual los individuos adquieren destrezas y conocimientos que dependen solamente de la experiencia, como el *learning by doing* (aprender haciendo). La ejecución de tareas de producción en un periodo genera un flujo de información y conocimiento que permiten ejecutar una mejora en un periodo subsecuente. De este modo, el aprendizaje es visto como un proceso de retroalimentación que opera dentro de las actividades de producción, en la cual se distinguen dos características. i) La primera es un flujo de información acerca del desempeño del sistema de producción, de los problemas encontrados u oportunidades percibidas que estimula la realización de las mejoras. ii) La segunda es un flujo de conocimiento acerca de cómo podría realizarse el cambio. Conforme se incrementan los conocimientos, se obtienen mejores habilidades para realizar las mejoras y cambios que se requieran.
2. El segundo proceso de aprendizaje se ha estudiado recientemente. El aprendizaje se refiere a la adquisición de mejores destrezas y conocimientos por cualquier medio que permite a la empresa incrementar su capacidad de administrar e implementar el cambio técnico, el cual se denomina el *learning by using*. Esto parece mostrar varias clases de *learning by doing*, así como varios mecanismos que no restringen la acumulación de experiencias (conocimientos y habilidades).

En términos generales los dos tipos de aprendizaje (*learning by doing* y *learning by using*) para los países en desarrollo resultan ser los más importantes o relevantes, pero no se limita a ellos, Bell en su trabajo de 1984, destaca diez principales tipos de aprendizaje tecnológico por parte de este tipo de países, los cuales se presentan en la Figura 1.

Figura 1: Diez tipos de aprendizaje por parte de las organizaciones de países en desarrollo



Fuente: Elaboración propia a partir de Marcelle (2004:45), quien se basa en Bell (1984).

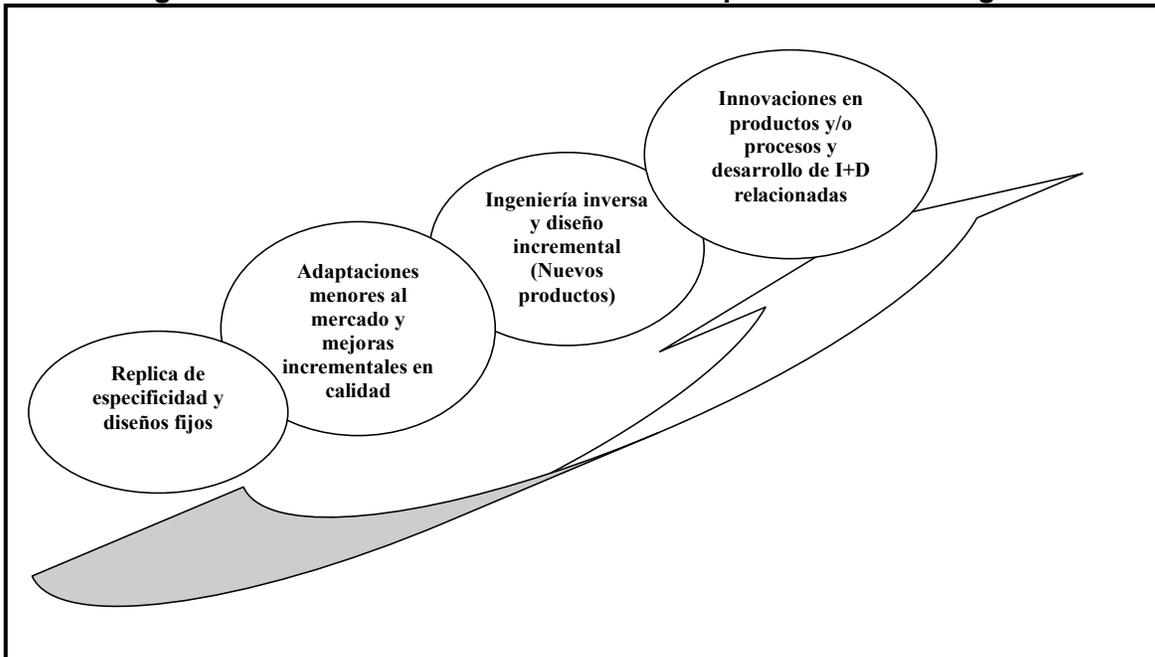
Hay que destacar que el proceso de aprendizaje en los países en desarrollo (como es el caso de México) se ve determinado de manera importante por la capacidad de absorción de las organizaciones, capacidad que se compone de dos elementos principales: i) la base de conocimientos existente y ii) la intensidad del esfuerzo (Cohen y Levinthal, 1990). En este sentido, la base de conocimientos existente constituye una plataforma esencial en el aprendizaje tecnológico, al influir el conocimiento actual en los procesos y la naturaleza del aprendizaje para generar un mayor conocimiento en el futuro. La intensidad de esfuerzos hace referencia a la cantidad de recursos desplegados por los miembros de la organización a la hora de resolver los problemas. Limitarse a exponer a las organizaciones al conocimiento externo pertinente, resulta insuficiente si no se realiza un esfuerzo por internalizar dicho conocimiento (generar conocimiento doméstico). Por lo tanto, cuanto mayores sean la base de conocimientos existente y la intensidad de esfuerzo endógeno, más rápido y más a fondo será el proceso en espiral del aprendizaje tecnológico que permitan la creación de capacidades tecnológicas. Este concepto de capacidades tecnológicas es abordado de manera más amplia en el siguiente apartado.

1.2 Capacidades tecnológicas

Para Bell y Pavitt (1995: 71), las capacidades tecnológicas son “las capacidades domésticas para generar y administrar el cambio de las tecnologías utilizadas en la producción, estas capacidades están basadas principalmente en recursos especializados [...] mismos que deben ser acumulados por medio de una inversión deliberada”.

En este sentido, el aprendizaje que nos lleva a la conformación de capacidades tecnológicas hace referencia a la aptitud de hacer un uso eficaz del conocimiento tecnológico en la producción, la ingeniería y la innovación, con el fin de mantener la competitividad, tanto en precio como en calidad. “Tal capacidad permite a una empresa asimilar, emplear, adaptar y modificar las tecnologías existentes. Asimismo, le permite crear nuevas tecnologías y desarrollar nuevos productos y métodos de fabricación que respondan al cambiante entorno económico” (Kim, 2000). En este sentido, se dice que el aprendizaje tecnológico es el proceso de construcción y acumulación de las capacidades tecnológicas. Donde, tanto los Gobiernos como las empresas (organizaciones) deben preocuparse por el fortalecimiento de las capacidades para poder incrementar la competitividad. Aunque este tipo de actividades se den en gran medida en las empresas, las políticas de Gobierno pueden crear una infraestructura institucional importante que facilite su desarrollo y/o acumulación de dichas capacidades a nivel regional o nacional. Un ejemplo es el impulso de los centros de Investigación y Desarrollo (I+D) o formación de recursos humanos en centros de educación superior (Universidades) dirigidos a áreas y o sectores prioritarios para determinados países o regiones.

Kim (1997), destaca la importancia de que las empresas o los países, no sólo cuenten con la habilidad de hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico, sino también la habilidad para crear conocimiento nuevo y pertinente, es decir generar nuevas y mejores innovaciones. En la figura 2, se busca ejemplificar dicho proceso en la conformación de las capacidades tecnológicas para las organizaciones, principalmente organizaciones de países en desarrollo.

Figura 2: Proceso en la construcción de capacidades tecnológicas

Fuente: Elaboración propia a partir de la literatura.

En este sentido, Kim (1997) introduce un nuevo marco de análisis para el proceso de construcción de capacidades, dando mayor atención al papel de los aspectos organizacionales en el proceso de creación de conocimientos. Las empresas (organizaciones) no sólo siguen una persistente y deliberada estrategia tecnológica, la cual cambia gradualmente de acuerdo con la adquisición de las capacidades tecnológicas para innovar o imitar de manera creativa, sino que dichas organizaciones implementan un activo proceso para la “administración de aprendizajes dinámicos” o administración del conocimiento.

Lo anterior involucra mecanismos para manejar los conocimientos, tanto tácitos como codificados, así como para convertir el aprendizaje individual en aprendizaje organizacional, el cual es diferente en cada etapa de la adquisición, construcción y/o acumulación de capacidades tecnológicas.

La adquisición y la acumulación de capacidades tecnológicas implica, por lo tanto, más que la acumulación de destrezas y el *know how* con el que cuentan para operar nuevos procesos o para producir nuevos productos con ciertas especificaciones; las organizaciones acumulan diferentes formas de conocimiento, destrezas y experiencias

requeridas para generar continuamente el cambio tecnológico, con lo cual mejoran el desarrollo original de la tecnología actual y modifican sus insumos, productos y procesos en respuesta a los cambios dados en el mercado.

Es así que la innovación, el aprendizaje, la creación y aplicación de conocimiento científico-tecnológico a determinado ámbito o sector productivo constituye una base sólida para el crecimiento y el exitoso desempeño económico de las empresas, los países y las regiones. Las capacidades tecnológicas que impulsan la innovación, es la vía para mejoras competitivas sustentables y acumulativas, para la colocación en los mercados de nuevos productos y servicios de mayor valor agregado y para generar puestos de trabajo calificados, estables y con salarios más altos, estimulando además el desarrollo de actividades colaterales de sofisticación creciente (con mayores y mejores beneficios para la sociedad), como podría ser el caso del impulso a las tecnologías ligadas a la utilización de energías renovables, área central del presente trabajo.

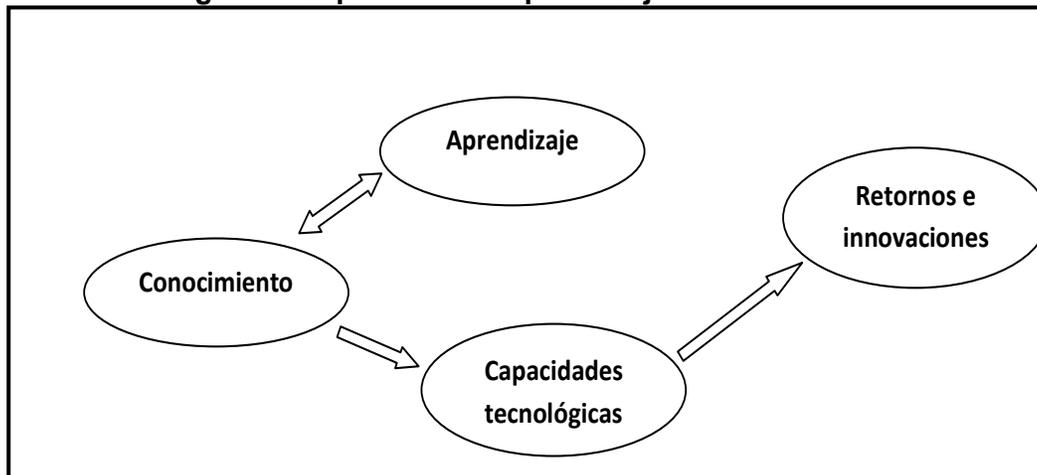
Por otra parte, hay que destacar que las características más importantes y relevantes de las capacidades tecnológicas es que no se distribuyen de manera uniforme entre los países, las regiones, las firmas (empresas) y los centros de I+D o centros de educación superior (universidades). Esto implica que en la construcción de capacidades tecnológicas hay elementos que son específicos a las empresas, a los centros de I+D, etc. y otros que son propios de un país dado (régimen de incentivos, estructura institucional, dotación de recursos—inversión física, capital humano y esfuerzos tecnológicos). Por lo tanto, el desarrollo de las capacidades tecnológicas es el resultado de la interacción compleja de la estructura de incentivos y motivaciones con los recursos humanos disponibles, los esfuerzos tecnológicos realizados y la incidencia de componentes normativos e institucionales en los diferentes niveles (como es el caso de las normas y políticas públicas).

De esta manera hay que destacar, lo ya antes mencionado respecto a las disparidades para aprender y desarrollar capacidades tecnológicas, entre las organizaciones de los países desarrollados y en desarrollo, ya que hay que recordar que en estos últimos (países en desarrollo), sus procesos de aprendizaje, por lo general, no se sustenta necesariamente en procesos de I+D, por lo cual, se enfrentan a un entorno donde la tecnología no es fácilmente apropiable, donde las instituciones y estructuras sociales surgen en un marco totalmente diferente, entre muchos otros aspectos. El rezago de los

países en desarrollo se centra principalmente en que estos países no aprenden con la misma dinámica al de los países desarrollados, es decir sus aprendizajes y capacidades tecnológicas son bajas principalmente por el bajo nivel de educación (es decir existe una importante brecha cognitiva), siendo unas de las principales causas los diferentes fallos institucionales que limitan la adquisición de capacidades tecnológicas y que en muchas ocasiones en lugar de incentivarlas se pierden dichas capacidades por malas políticas públicas y/o su mala implementación. Es así que se puede afirmar que para ser innovador es necesario aprender a hacer innovación ya que este proceso es un hecho social, colectivo, dinámico y acumulativo.

La dinámica entre aprendizaje e innovación, y por lo tanto, la creación de capacidades tecnológicas se puede dar de la manera en que se presenta en la Figura 3.

Figura 3: El proceso del aprendizaje a la innovación



Fuente: Elaboración propia a partir de la literatura.

Hay que reconocer que la innovación es conocimiento materializado, con lo cual se espera que el aprendizaje tecnológico se refleje económicamente en las organizaciones en una tasa de retorno mayor (es decir mayores beneficios a partir de una tasa interna de retorno de la inversión). El siguiente apartado se amplía más el tema de la innovación y sus retornos (difusión).

Ahora es necesario diferenciar los tres tipos claves de capacidades derivadas de los diferentes procesos de aprendizaje tecnológico: i) las capacidades tecnológicas, ii) las

capacidades de absorción y iii) las capacidades de innovación. Si bien, generalmente por algunos autores las mencionadas capacidades se les han tratado de manera separada, la interrelación que las caracteriza y la existencia de elementos comunes a los tres tipos de capacidades, hacen posible (y sobre todo recomendable) su estudio en conjunto. La correspondencia entre ellas puede analizarse como una relación de contención, ya que las capacidades de absorción son un elemento crítico de las capacidades de innovación (Cohen y Levinthal, 1990) y éstas, a su vez, un componente central de las capacidades tecnológicas, éste último concepto será en el que se centre el análisis de la presente investigación.

1.3 Retornos de la innovación

Es importante mencionar que el proceso de innovación es la respuesta a las necesidades económicas–sociales y su impacto en la competencia mundial. Y a la vez el estado de competencia se encuentra tanto en los países como en las empresas, que cuentan con las capacidades de introducir nuevos sistemas de innovación. Un proceso de innovación hace referencia al conjunto de decisiones relativas, esto es: creación, adquisición, perfeccionamiento, asimilación y comercialización.

Para que se pueda dar dicho conjunto de decisiones es importante conocer la diferencia que Vegara (1985) hace respecto a la innovación, en donde retoma los conceptos de la innovación desde la perspectiva de Schumpeter, en la cual dice que las innovaciones no solamente son de carácter tecnológico sino también no tecnológicas; donde unas y otras conforman un elemento de novedad y generan posibilidades de beneficio, y su aparición transforma su lógica abstracta de un proceso circular dentro del sistema.

Además, es importante hacer notar tres de las principales características de la innovación:

1. La innovación no está restringida a la creación de nuevos productos: una innovación puede también referirse a un nuevo servicio (un ejemplo puede ser la banca electrónica).
2. La innovación no está restringida a desarrollos tecnológicos: una innovación puede también obtenerse a través de diferentes estructuras organizativas (innovación en procesos organizativos).

3. La innovación no está restringida a sólo ideas revolucionarias (radicales/disruptivas): puede darse de manera incremental y/o acumulativa.

A manera de sustento teórico, en el entendimiento del concepto de innovación a continuación se presentan algunas consideraciones hechas por algunos autores en tono a qué es la innovación.

- a. La innovación se presenta como una adición al conocimiento técnico existente (Blaug, 1963).
- b. La innovación sólo tendrá su efecto económico pleno cuando el proceso de imitación se encuentre bien avanzado (Mansfield, 1961).
- c. El proceso de innovación abarca la exploración y explotación de oportunidades para un nuevo o mejorado producto, proceso o servicio, basado ya sea en un avance tecnológico práctico (*know-how*), o un cambio en la demanda de mercado, o una combinación de los dos, por lo que se considera que es un proceso esencialmente equiparable entre el conocimiento técnico-científico y las necesidades del mercado (Pavitt, 2004).

La innovación es un proceso inherentemente e incierto, debido a la imposibilidad de predecir de manera precisa el costo y rendimiento de un nuevo producto, ni la reacción de los usuarios hacia dicho producto o servicio. Por esta razón incluye procesos de aprendizaje a través de experimentación que se dan por ensayo y error o el entendimiento mejorado que son procesos de aprendizaje teóricos (Pavitt, 2004).

1.3.1 Relevancia de la innovación

Para Freeman (1974), la importancia de la innovación, resulta crítica no sólo para aquellos que desean acelerar o sostener el ritmo de crecimiento económico de las naciones, sino también para quienes, alarmados únicamente por la cantidad de bienes, desean modificar el rumbo del progreso económico o concentrar su atención en la mejora de la calidad de vida de la sociedad.

Pero para que esto pueda ser posible, desde la perspectiva de Rosemberg (1976), la innovación desde términos estrictamente económicos, no es un acto único y bien definido sino una serie de actos muy articulados dentro del proceso inventivo. En donde la innovación adquiere importancia económica únicamente a través de un proceso extensivo

en el rediseño, modificación o mil pequeñas mejoras que son convenientes para el mercado o en la producción por medio de nuevas técnicas y/o sistemas producción, y por la eventual posibilidad de un completo campo de actividades complementarias.

Hay que hacer notar que la innovación integra un amplio conjunto de actividades dentro de las empresas, que contribuyen a generar nuevos conocimientos tecnológicos o a mejorar la utilización de los ya existentes. Estos conocimientos son aplicados a la obtención de nuevos bienes, servicios y nuevas formas de producción. Existen varios mecanismos a través de los cuales las organizaciones adquieren nuevos conocimientos y los convierten en activos organizativos. En términos generales, se pueden identificar tres importantes fuentes de adquisición de información tecnológica para la innovación. En primer lugar, una empresa innovadora puede desarrollar sus propias actividades de I+D (esto podría ser por sus propios departamentos). En segundo lugar, muchas empresas acuden a fuentes externas adquiriendo tecnología incorporada en bienes o activos (bienes de capital, herramientas o *inputs* del proceso productivo, como materiales o componentes) o bien conocimiento tecnológico no incorporado en ningún elemento material tangible, por ejemplo, subcontratando las actividades de I+D de las universidades o centro de I+D públicos o privados. La forma más común de adquirir tecnología es a través de licencias, pero las empresas también pueden utilizar un contrato de investigación, atraer personal o adquirir empresas cuya tecnología sea interesante. Una tercera fuente son los acuerdos de cooperación, en los que todos los socios contribuyen al producto final de investigación (López, 2003) y claro mediante acuerdos comerciales.

Por otra parte, también es importante diferenciar los dos campos en los que se pueden producir/generar las innovaciones (innovaciones radicales e incrementales), así como de las formas en las que económicamente se pueden representar (innovaciones en procesos, productos y/o servicios). A continuación se define brevemente estos cuatro elementos:

i) Innovaciones en procesos

Utilizando la definición de Blaug (1963) una innovación de proceso es aquella que puede darse mediante el mejoramiento de la técnica que disminuye los costos medios por unidad de producto, a pesar de que los precios de los insumos permanezcan constantes. Pero hay que diferenciar que una modificación en el equipo puede ser una innovación en procesos y por lo tanto, reductora de costos medios por unidad, pero no la única ya que

esta puede ser desde la manera de reorganizar la planta.

Un claro ejemplo de esto es el que nos describe Freeman (1974) donde el cambio que se dio de un proceso de producción en lotes a otro llamado en cadena o sistema fordista⁸, que fue principalmente una forma nueva de reorganizar la planta, y el sistema productivo, que permitió la aparición de economías de escala.

ii) Innovaciones en productos y en servicios

Fabricación y comercialización de nuevos productos o mejoras en los productos ya existentes, está se puede dar ya sea mediante tecnologías nuevas o mediante una nueva utilización de la tecnología existente. Un ejemplo de este tipo de innovación es el teléfono móvil, el cual resulta ser diferente al convencional principalmente porque ahora existe la posibilidad de hablar en cualquier momento, desde cualquier sitio.

Otro ejemplo muy representativo podría ser el automóvil, el cual ha tenido consecuentes innovaciones, tanto incrementales (que es la más común) como radicales (como podría ser el automóvil híbrido), y que es uno de los productos que más aplicaciones innovadoras ha tendido a lo largo de la historia.

Actualmente el sector servicios ha mostrado mayor dinámica en los procesos de innovación dentro de las diferentes economías del Mundo, donde las innovaciones en el sector obedecen a aspectos, tales como la intensificación de la competencia global que ha llevado a que las empresas busquen bajar costos y flexibilizar su producción. Para ello se han concentrado en sus áreas principales de negocios, externalizando parte de sus procesos bajo la forma de servicios productivos. El sector de las tecnologías de información y comunicación (TICs), por ejemplo, ha sido determinante en la evolución de la innovación en servicios y representa una frontera tecnológica en constante evolución.

iii) Innovaciones radicales

Una innovación radical es por definición una ruptura capaz de iniciar un rumbo tecnológico nuevo. Aunque la disposición a adoptar innovaciones radicales tiende a ser mayor cuando la trayectoria precedente se acerque al agotamiento, su aparición puede ocurrir en cualquier momento y cortar el camino del producto o proceso que sustituye (Pérez, 1986).

⁸ Se conoce popularmente como Fordismo al modo de producción en cadena o en serie que impuso Henry Ford, uno de los fabricantes de automóviles más populares del mundo entero.

Desde la perspectiva de Vegara (1985), una innovación radical puede surgir desde la introducción de un nuevo bien, esto es, uno con el que no se hayan familiarizado los consumidores, o la introducción de un nuevo método de producción, esto es, uno que no ha sido probado por la experiencia en la rama productiva que se trate.

Por lo tanto, son aquellas que constituyen un cambio histórico en la manera de hacer las cosas; generalmente se basan en nuevos conocimientos científicos o de ingeniería; abren nuevos mercados, nuevas industrias o nuevos campos de actividad en las esferas de la producción, los servicios, la cultura y la sociedad; mediante ellas surgen productos, servicios, procesos de producción, de distribución o gerenciales totalmente nuevos y cualitativamente distintos a otros anteriores, se abren nuevos campos en la aplicación de productos o servicios, se obtienen cambios significativos en parámetros productivos, tales como eficiencia, costos, productividad y calidad. Entre los ejemplos más importantes que podemos encontrar en la actualidad podemos encontrar: el surgimiento del transistor, de las computadoras personales y de las fibras ópticas, por mencionar algunos.

iv) Innovaciones incrementales

En tanto que las innovaciones incrementales, son la mejoras sucesivas a las que son sometidos todos los productos y procesos, este tipo de cambios sustentan el incremento general de la productividad y la precisión en los procesos, los cambios en los productos para elevar su calidad o reducir su costo o ampliar la gama de sus posibles usos, caracterizan la dinámica evolutiva de toda tecnología (Pérez, 1986).

Por lo tanto, son aquellas que producen mejoras en las tecnologías existentes, pero sin alterar sus características fundamentales. Mejoran tecnologías con posterioridad a su surgimiento como una innovación básica; por ejemplo, los cambios introducidos a los transistores y a las computadoras personales para mejorar sus parámetros de eficiencia y calidad o la introducción de microordenadores en los sistemas de conducción de vehículos.

Por último, es importante recordar como Pavitt (2004) divide el proceso de innovación dentro de la empresa, dividiéndolo entre sub-procesos: 1) cognitivo (como las empresas generan y mantienen el *know-how*), 2) organizacional (como las empresas hacen cosas internamente o junto con otras organizaciones y 3) económico (como las empresas establecen incentivos para asegurar innovación rentable rápidamente y en la dirección

correcta).

1.3.2 Las fuentes de la innovación

Un proceso de innovación tecnológica suele tener dos puntos básicos de partida: el primero se origina en los nuevos conocimientos que se obtienen en la esfera de la investigación —particularmente de la fundamental— los cuales permiten identificar posibles soluciones a necesidades de la producción o de la sociedad mediante la aplicación de estos conocimientos y los ya existentes en el fondo universal de conocimientos. A la innovación resultante se le conoce como, innovación empujada por la ciencia, (*science & technology push*). Este tipo de innovaciones son las que en mayor medida dan a las llamadas innovaciones radicales, las que producen grandes saltos cualitativos en el desarrollo tecnológico, como se explicó anteriormente.

Y el segundo es el de "*demand-pull*" el cual en Mowery y Rosemberg (1979) se refiere a la demostración de los esfuerzos derivados a un nivel de agregación determinados por los mercados, y los procesos de innovación no pueden ser útiles si no se toma en cuenta que para generar una innovación es necesario que exista una demanda previa y un crecimiento productivo que la determine.

En este sentido, Schmookler (1960), plantea que el proceso de invención no antecede al de producción, sino más bien este último tiende a ir adelante. Y un ejemplo para demostrar esto último puede ser uno de los resultados que obtiene en su estudio de la industria del ferrocarril, en donde demuestra que la producción de carros de ferrocarril para pasajeros alcanza su nivel máximo de todos los tiempos en 1907 en tanto, que las patentes (que es la variable que analiza el autor como determinante de la invención), alcanza el nivel máximo un año después.

Por lo tanto, la innovación por "*demand-pull*" surge de una necesidad social o productiva, vinculada consecuentemente a una demanda generalmente explícita, que requiere de una solución tecnológica y de ahí se puede dirigir hacia al sector de I+D y/o al de ingeniería, para encontrar una solución tecnológica a sus necesidades. Y estas tecnologías son las que, por lo general, dan origen a las llamadas innovaciones "incrementales", pues, a partir de una innovación radical surgen numerosas demandas del sector productivo para introducir cambios que mejoren la tecnología base.

Aunque en los tiempos actuales es un hecho que la generación de las nuevas innovaciones se dan, consecuentemente por un cambio tecnológico, el cual abarca la interdependencia del “*demand-pull*” y el “*technology push*” entre las distintas etapas del proceso de innovación, por lo cual la oferta y la demanda de tecnologías están relacionadas entre sí.

Finalmente hay que subrayar que la literatura del aprendizaje y acumulación de capacidades e innovación ha destacado que una de las vías para la adopción de conocimiento proveniente principalmente del exterior, en particular para los países en desarrollo, es mediante la transferencia de tecnología de punta proveniente de los países desarrollados (quienes por lo general, cuentan con trayectorias tecnológicas más amplias y consolidadas), por lo anterior, a continuación se aborda el tema de la transferencia tecnológica como una forma de adoptar y desarrollar capacidades tecnológicas por parte de las organizaciones de países en desarrollo.

1.4 La transferencia tecnológica

La transferencia tecnológica puede entenderse como el esfuerzo realizado por diferentes países y organizaciones (principalmente los menos desarrollados) para incorporar tecnologías del exterior (países desarrollados), actividad que implica la incorporación de elementos que pueden ser tanto materiales (elementos explícitos) como inmateriales (elementos tácitos como el aprendizaje).

Es así que los esfuerzos de aprendizaje de las organizaciones también pueden surgir de la transferencia de tecnología. El aprendizaje, en ese sentido, está definido como un establecimiento de procesos a través de los cuales las empresas acumulan conocimiento técnico, *know how*, experiencia en la planeación, construcción, operación, adaptación, mejoramiento y re-emplazamiento de sus procesos productivos (Maxwell, 1981). En esos términos, el aprendizaje implica la adquisición de conocimientos relevantes para que las empresas puedan llevar a cabo la producción, conocimiento que es subsecuentemente aplicado, lo cual se traduce en cambio técnico.

El cambio técnico incluye a la tecnología como uno de sus elementos para lograrlo, pero no es el único ni el más importante. Algunos autores tienen un concepto de la tecnología

que abarca no sólo las áreas productivas de la empresa sino también administrativas y organizacionales. Lall (1987), por ejemplo, define tecnología como la aplicación del conocimiento científico y de las habilidades para la operación, mejoramiento y expansión de las “facilidades” de producción que incluye, además, los aspectos administrativos y organizacionales.

Para Kim (1998), la transferencia tecnológica puede realizarse a través de la mediación del mercado. Las inversiones extranjeras directas (IED), la obtención de licencias para la explotación de patentes extranjeras y los planes exhaustivos de ejecución inmediata, son los principales mecanismos oficiales existentes. La tecnología se puede transferir también de modo amistoso sin que medie el mercado: la fabricación de equipo de marca, las publicaciones y la movilidad humana constituyen sus principales mecanismos. También hay que señalar que la creación de nuevos conocimientos a través del proceso en espiral del aprendizaje tecnológico puede aumentar la base de conocimientos existente (Kim, 1998).

Para Lall (1987), la transferencia tecnológica es una práctica que enfatiza el esfuerzo tecnológico natural de las organizaciones para manejar nuevas tecnologías, adaptarlas a las condiciones locales (físicas o de mercado), mejorarlas, difundirlas dentro de la economía y explotarlas y diversificarlas (esto nos lleva a procesos de innovación de manera sostenida).

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD 1990), define la transferencia de tecnología, como: “la transferencia de conocimiento sistemático para la elaboración de un producto, la aplicación de un proceso o la prestación de un servicio” transferencia que puede darse entre empresas, entre países o cualquier tipo de organizaciones u agentes económicos.

En Domínguez y Brown (2004:136), la transferencia tecnológica “implica ante todo transmisión de conocimiento entre distintos agentes; se caracteriza por tener componentes tácitos de conocimientos específicos, tanto de las personas como de las prácticas internas de la organización, que genera y se desarrolla a partir de los procedimientos de búsqueda y aprendizaje para mejorar la eficiencia productiva, generar nuevos productos e introducir nuevos métodos de organización”.

Sin embargo, para poder adoptar una tecnología, un elemento indispensable es que la

persona, empresa, organización, etc., tenga incorporada la cultura tecnológica adecuada para operarla/utilizarla (Olivé, 2010). Ya que como señala Kim (1997:23), “la tecnología puede ser trasferida a una organización a otra desde el extranjero o mediante la difusión local, pero no así la habilidad para utilizarla (y/o explotarla) de manera eficaz” ya que esto requiere de ciertas capacidades y/o habilidades que tienen que ser desarrolladas o adquiridas.

En este sentido, como señala Lall (1987:7):

“Para la empresa que aplica una tecnología importada por primera vez, aun tratándose de un cuerpo de conocimiento dado (mismo que puede estar ampliamente difundido en el Mundo desarrollado), requiere aprender y desplegar un esfuerzo consciente. Más aún ninguna tecnología puede aplicarse de manera completamente [dada], siempre es necesario introducir cambios para ajustarse a las escalas, las materias primas, el clima, las habilidades y necesidades de los mercados locales. Después de hacer estos cambios iniciales a la tecnología, la productividad puede incrementarse a lo largo del tiempo mediante innovaciones [menores] de diferentes tipos; es entonces cuando la propia tecnología puede ser modificada”

Estas habilidades pueden ser adquiridas a partir de los esfuerzos tecnológicos internos, que se centran en procesos de aprendizaje y creación y/o acumulación de capacidades tecnológicas endógenas (locales).

Un elemento central en torno al tema de transferencia tecnológica y asimilación es el del trabajo en Red (o Redes), las cuales nacen con el objetivo de formalizar el establecimiento de relaciones sinérgicas entre los diferentes agentes (organizaciones) esto con el fin de compartir recursos, complementarse mutuamente, obtener ventajas competitivas, lograr el acceso a bienes y servicios, alcanzando así mayores beneficios. Si bien en muchas ocasiones dichas redes no se encuentra del todo bien definidas éstas se pueden formar y funcionar mediante sus actividades productivas y comerciales.

El trabajo en red en el proceso de transferencia de tecnología le permite a las organizaciones incrementar su generación de conocimiento y construcción de capacidades tecnológicas y por lo tanto, también disminuir los costos de transmisión de dicho conocimiento entre las organizaciones involucradas.

Ahora, en el siguiente apartado se presenta de manera breve en qué consiste la conceptualización de la matriz de capacidades tecnológicas de Bell y Pavitt (1995), el cual es el instrumento metodológico base utilizado para la presente investigación.

1.5 Conceptualización de la taxonomía de capacidades tecnológicas de Bell y Pavitt (1995) y algunas aplicaciones para México

Lall (1992), propone una forma de clasificar las capacidades tecnológicas desarrolladas por las empresas con el fin de asimilar, adaptar y mejorar la tecnología adquirida (la cual como se explicó en el apartado anterior, ésta por lo general es transferida desde los países desarrollados), a la cual se le conoce como “la taxonomía de Lall”, donde una de las principales aportaciones metodológicas son las realizadas por Bell y Pavitt (1995) a dicha propuesta inicial. La propuesta metodológica de Bell y Pavitt (1995) para la caracterización y análisis de capacidades tecnológicas, distingue entre lo que puede ser descrito como “profundidad” de las capacidades tecnológicas. En donde un nivel básico de capacidades podría permitir sólo una contribución al cambio relativamente menor e incremental; pero en los niveles intermedios y avanzados, las capacidades tecnológicas podrían tener una contribución al cambio más sustancial, novedoso y ambiciosa. Además, la matriz distingue entre seis funciones técnicas diferentes, en las cuales las empresas podrían desarrollar capacidades tecnológicas. Estas funciones son: 1) Toma de decisiones y control; 2) Preparación y ejecución de grandes proyectos de inversión; 3) Centradas en los procesos y organización de la producción; 4) Centradas en el producto; 5) Desarrollo de vínculos y 6) Producción de bienes de capital (Bell y Pavitt, 1995:83).

Las dos primeras funciones técnicas se definen como funciones de inversión y las dos siguientes como funciones de producción. A su vez, las funciones de inversión y de producción se describen como funciones técnicas primarias. Las funciones técnicas primarias generan cambio técnico y administran su implementación durante proyectos de inversión relativamente largos para crear nuevos sistemas de producción, tales como: plantas nuevas o líneas de productos nuevos, ampliación de la capacidad de las plantas existentes, distinción de líneas de productos nuevos, etc.

Las últimas dos funciones técnicas son consideradas como funciones de soporte y/o vinculación. Estas funciones consisten en el desarrollo de vínculos centrados en el intercambio e interacciones con otras organizaciones (empresas, centros de I+D, universidades, etc.) y producción de bienes de capital que involucran elementos de tecnología nueva creada localmente. En el largo plazo, las capacidades que se originan de estas actividades ayudan a fortalecer o construir capacidades tecnológicas que crean las bases para la diversificación de nuevos productos e industrias. En el Cuadro 1 se

describe de manera sintética a que se refiere cada una de las funciones antes mencionadas y en las que se dividen las capacidades tecnológicas.

Cuadro 1: Tipos de capacidades tecnológicas

Tipo de capacidades tecnológicas	Descripción
<i>Inversión</i>	Son las habilidades necesarias para identificar, seleccionar, preparar y obtener tecnología para el diseño, la construcción, el equipamiento y del personal de un nuevo proyecto. <i>Esta capacidad se centra en la incorporación de la nueva tecnología.</i>
<i>Producción</i>	Estas capacidades van desde las habilidades básicas (control de calidad operación, mantenimiento) hasta las más avanzadas (adaptación, mejora) y las más exigentes (investigación, diseño e innovación) estas habilidades no sólo permiten operar y mejorar las tecnologías, sino también efectuar esfuerzos internos para absorber o imitar la tecnología comprada (incorporada) a otras empresas (<i>la tecnología transferida desde los países desarrollados principalmente</i>).
<i>Soporte (vinculación)</i>	Son la habilidades y conocimientos necesarios para el intercambio de la información, tecnología y destrezas entre empresas (proveedoras, subcontratistas consultores, instituciones tecnológicas [o de educación superior, centros de I+D]); influyen tanto en la eficiencia productiva de la empresa como en la difusión de la tecnología en la industria.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ortega (2005), quien se basa en Lall (1992).

Es así que Bell y Pavitt (1995), analizaron diferentes niveles de funciones técnicas y capacidades tecnológicas para empresas de países en desarrollo. La matriz (taxonomía) de las capacidades tecnológicas desarrollada por dichos autores se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Matriz de capacidades tecnológicas (Bell y Pavitt, 1995)

	Actividades Primarias				Actividades de Soporte	
	Inversión		Producción		Desarrollo de vínculos	Suministro de bienes de capital
	Toma de decisiones y control	Preparación y ejecución del proyecto	Procesos y organización de la producción	Centrada en el producto		
Capacidades Básicas de Producción (capacidades para utilizar las técnicas de producción existentes)	- La participación del contratista principal - Asegurar la financiación y el desembolso - Oficializar la ceremonia de apertura	- La preparación del esquema inicial del proyecto - Construcción de obra civil básica - Erección simple de planta	- Replica especificaciones del proceso - Operación rutinaria de proceso ensamble simple y/ o mayor complejidad - Mejora en estaciones de trabajo basadas en sistemas de supervisión y/o control de calidad - Ingeniería básica de proceso	- Réplica de especificaciones del producto - Control de calidad rutinario basado en procesos de control de calidad	- Relación con la matriz para recibir autorizaciones sobre insumos, especificaciones técnicas de productos y procesos, y proyectos de inversión	- Réplica simple de especificaciones de planta y maquinaria
Capacidades tecnológicas (capacidades para generar y administrar el cambio técnico)						
Básicas	- Monitoreo activo y control de: * estudios de factibilidad * selección de tecnología/ proveedores * programación de actividades	- Estudios de factibilidad - En fase de anteproyecto - Obtención de equipo estándar - Auxiliares en ingeniería básica	- Puesta en marcha y depuración - Mejora de diseño, programación y mantenimiento. - Adaptaciones menores	- Adaptaciones menores de acuerdo con necesidades del mercado y mejoras incrementales en la calidad del producto	- Investigación y absorción de nueva información de los proveedores, consumidores, e instituciones locales	- Copia de nuevos tipos de planta y maquinaria - Adaptación simple de diseños y especificaciones ya existentes
Intermedias	- Búsqueda, evaluación y selección de tecnología/ proveedores - Negociación con proveedores (oferentes). - Administración del proyecto completo	- Ingeniería de detalle - Adquisición de la planta (equipo) - Estudios de medio ambiente (valoración ambiental) - Administración y seguimiento del Proyecto - Capacitación y reclutamiento	- Mejora de procesos - Licenciamiento de nueva tecnología - Introducción de cambios organizacionales	- Licenciamiento de la nueva tecnología del producto y/o ingeniería de reversa. - Incremento en el diseño de nuevos productos.	- Transferencia tecnológica de los proveedores y clientes para aumentar la eficiencia, la calidad y el abastecimiento local.	- Innovaciones incrementales a partir de ingeniería de reversa y diseño original de planta y maquinaria
Avanzadas	- Desarrollo de nuevos sistemas de producción y componentes	- Procesos básicos de diseño e I+D relacionada	- Innovaciones en proceso y actividades de I+D relacionada - Innovaciones radicales en la organización	- Innovaciones de productos y actividades de I+D relacionada	- Colaboración en desarrollo tecnológico.	- I+D para especificaciones y diseño de nuevas plantas y maquinaria

Fuente: Bell y Pavitt, (1995: 84) quienes se basan en Lall (1992), con traducción propia.

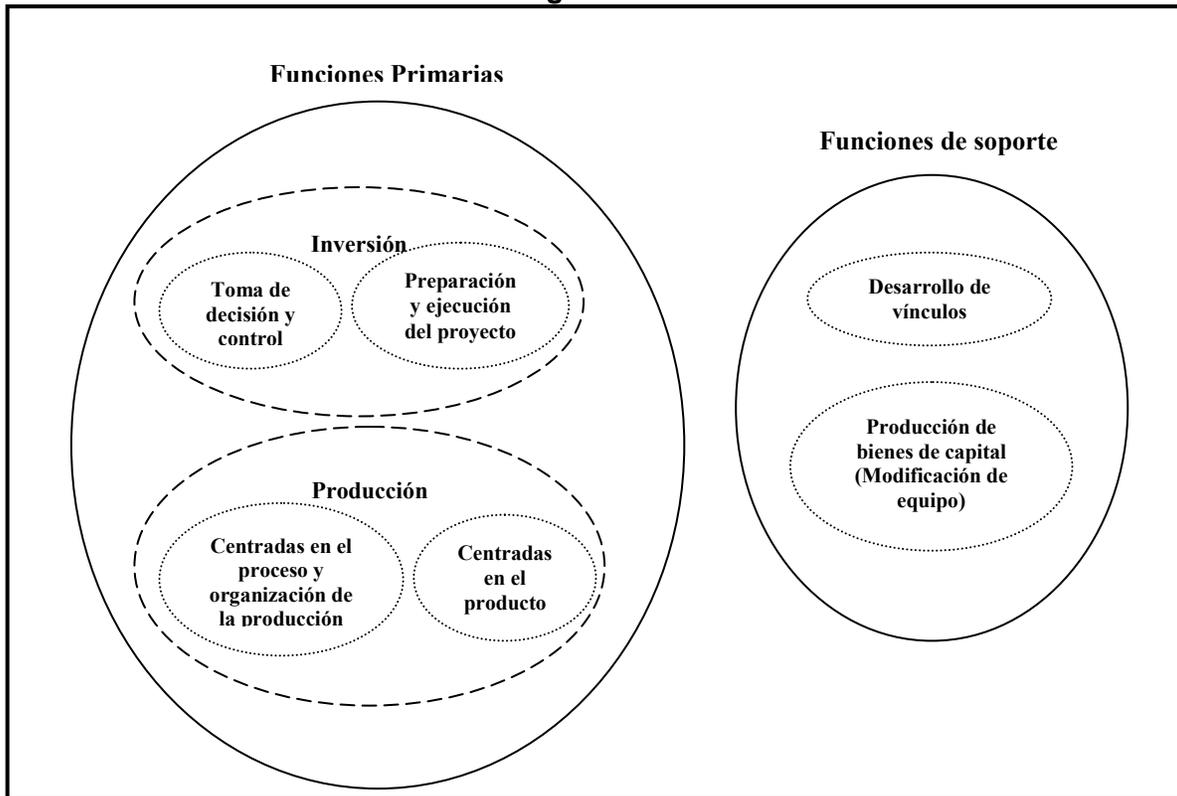
Por filas, la matriz distingue las principales capacidades tecnológicas de acuerdo al grado de innovatividad. Resalta las diferencias que existen entre las capacidades tecnológicas básicas de producción y las capacidades tecnológicas innovativas, a través de la distinción entre “el tipo de conocimiento y habilidades requeridos para operar sistemas de producción dados, y el tipo de conocimiento requerido para cambiarlos” (Bell y Pavitt, 1993). Dutrénit, Vera-Cruz y Arias (2003), presentan una descripción amplia de la taxonomía y un análisis crítico del marco analítico de capacidades tecnológicas. De esta manera, la matriz incluye cuatro niveles de capacidades tecnológicas:

- i. Capacidades tecnológicas de producción rutinarias
- ii. Capacidades tecnológicas innovativas–básicas
- iii. Capacidades tecnológicas innovativas–intermedias y
- iv. Capacidades tecnológicas innovativas–avanzadas.

En donde, las capacidades tecnológicas de producción rutinarias son aquellas capacidades que permiten únicamente la utilización y la operación de la tecnología existente. Las capacidades tecnológicas innovativas son capacidades para generar y administrar el cambio técnico. Un nivel básico de capacidades innovativas podría permitir sólo una contribución al cambio relativamente menor e incremental; pero en los niveles intermedios y avanzados, las capacidades tecnológicas podrían tener una contribución al cambio más sustancial, novedoso y ambicioso.

Hay que mencionar que la propuesta de Bell y Pavitt (1995), ha evolucionado además de que han sido enriquecida por diferentes trabajos, como los realizados por Dutrénit, *et al.* (2003), quien sin alejarse de los principios de los autores antes mencionados busca desarrollar un marco analítico para abordar estudios de acumulación de capacidades tecnológicas a nivel de las empresas en los países en desarrollo (más adelante se presentan algunos de los trabajos realizados por dicha autora con la metodología mencionada). Es así que la estructura analítica para la presente investigación se mantiene fiel a la propuesta central del Bell y Pavitt (1995) con las adecuaciones necesarias para el sector a estudiar, en la Figura 4 se presenta la conceptualización general desarrollada por los autores.

Figura 4: Funciones técnicas para la acumulación de capacidades tecnológicas de la organización



Fuente: Bañuelos (2005), quien se basa en Bell y Pavitt (1995).

Algunas de las aplicaciones realizadas a la propuesta metodológica anteriormente descrita para México se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Algunas aplicaciones de la metodología de Bell y Pavitt (1995)

Título del estudio	Sector de análisis	Tipo de estudio	Autor (es)
Acumulación de capacidades tecnológicas en subsidiarias de Empresas Globales en México: El caso de la Industria Maquiladora de Exportación	Electrónica (3 casos)	Longitudinal	Dutrénit, <i>et al.</i> (2006)
Aprendizaje y acumulación de capacidades tecnológicas en la industria maquiladora de exportación: El caso de Thomson-Multimedia de México	Electrónica (1 caso)	Longitudinal	Sampedro, <i>et al.</i> (2003)
Acumulación de capacidades tecnológicas: El caso de la empresa curtidora ALFA	Curtidora (1 caso)	Transversal	Arias (2004)
Aprendizaje y acumulación de capacidades tecnológicas en un grupo del sector siderúrgico	Siderurgia (un grupo que comprende 4 empresas)	Longitudinal	Ortega (2005)
Aprendizaje y acumulación de capacidades tecnológicas en la manufactura de autopartes en México	Autopartes (planta manufacturera de sistemas térmicos del grupo Delphi)	Longitudinal	Melgoza y Álvarez (2012)
Aprendizaje y capacidades tecnológicas en empresas originadas en instituciones públicas de investigación: el caso de MAPPEC	Empresa spin-off (1 caso)	Transversal	Bañuelos (2005)

Fuente: Elaboración propia en base a la revisión del estado del arte.

Hay que destacar que en los casos anteriormente presentados existen diferentes aplicaciones a la metodología de Bell y Pavitt (1995), tanto de sectores industriales estudiados como su alcance y tipo de estudios, en algunos de ellos es un estudio de casos múltiple y en algunos otros un caso único. Como se puede observar algunos estudios son realizados de manera longitudinal, es decir durante determinados periodos de tiempo (análisis acumulativo de capacidades tecnológicas) y algunos otros son estudios del tipo transversal, es decir un estudio de tipo fotografía (en un periodo único de tiempo).

Ahora en los siguientes dos apartados se analizarán los temas del papel de las

instituciones en la conformación de capacidades tecnológicas el de costos de transacción.

1.6 *El papel de las instituciones en la conformación de capacidades tecnológicas*

Retomando a Hodgson (2006: 1) respecto a la importancia de las Instituciones, quien las define como “el tipo de estructuras que más importan en el ámbito social: las cuales integran la sustancia misma de la vida social”, es así que se plantea que las instituciones resultan ser un elemento central en los procesos de innovación. En el marco de la Nueva Economía Institucional (North, Coase, Williamson, Demsetz, etc.) se trata de entender las instituciones (las reglas del juego en la sociedad), los derechos de propiedad y la gobernanza en la que se fundamenta el actuar de las organizaciones y en general de las sociedades. Hay que destacar que es en esta corriente teórica en la que se basará el análisis de las instituciones y su relación con las capacidades tecnológicas en el presente trabajo.

Reconociendo que las instituciones “son categorías fundamentales del análisis económico, no solamente por su importancia en el comportamiento individual, sino también por su contribución en la construcción de los principales esquemas de coordinación de las economías modernas como las empresas y los mercados” (Grandlgruber, 2003: 73).

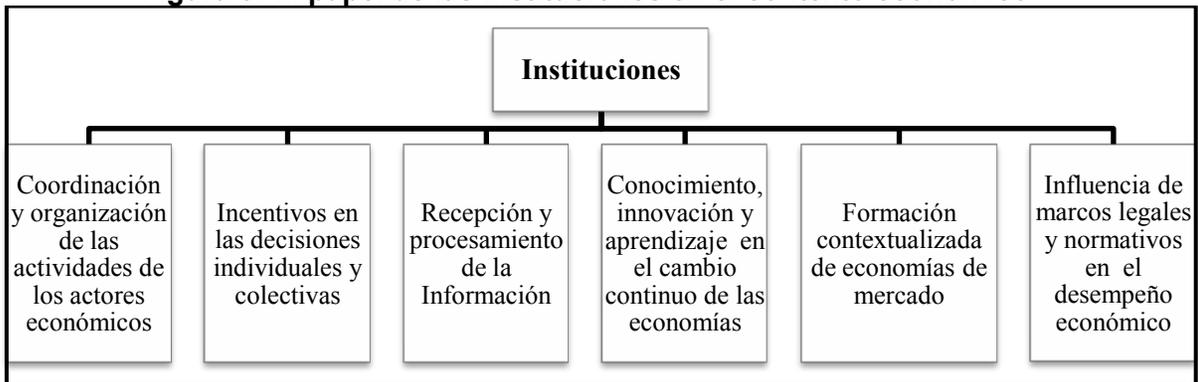
De esta manera, desde el enfoque teórico de la Nueva Economía Institucional (NEI), las instituciones entendidas como “las reglas del juego” determinan la estructura de incentivos en la economía y resultan claves para entender el funcionamiento económico en la sociedad. La NEI enriquecida por diferentes autores ofrece un mejor entendimiento e interpretación del papel de las instituciones en una amplia variedad de fenómenos económicos, políticos y sociales, aportando de esta manera al análisis de los procesos sociales que llevan al desarrollo de procesos de aprendizaje tecnológico y, por lo tanto, la conformación de capacidades tecnológicas. Dichos procesos pueden ser analizados desde diferentes enfoque a nivel de la empresa, como es el caso de la organización empresarial (Williamson, 1985), la historia económica (North, 1989), los sistemas socioecológicos (Ostrom, 2008), entre muchos más que pueden ayudar a entender procesos

innovativos de las empresas.

La importancia de las instituciones, en los procesos de aprendizaje tecnológico y creación de capacidades tecnológicas, radican en que además de ser parte central en la integración de las organizaciones, también lo son para las entidades sociales integradas y sistémicas como el dinero, la lengua y el derecho. Por lo que todas estas entidades son instituciones debido a que contienen características comunes:

- “Todas las instituciones implican la interacción de los agentes, con retroalimentaciones decisivas de información.
- Todas las instituciones tienen varias características, concepciones y rutinas comunes.
- Las instituciones sustentan y son sustentadas por concepciones y expectativas compartidas.
- Aunque no son inmutables ni inmortales, las instituciones tienen cualidades relativamente duraderas, auto-reforzantes y persistentes.
- Las instituciones incorporan valores, procesos normativos de evaluación. Las instituciones refuerzan especialmente su propia legitimación moral: la que perdura se ve a menudo –correcta o incorrectamente– como moralmente justa” (Hodgson 2001:22).

De esta manera es que tanto la economía evolutiva como la NEI se relacionan de manera importante para entender el presente trabajo ya que ambas se centran en el aprendizaje, racionalidad limitada, y el cambio o evolución (al no asumir preferencias estables, racionalidad y el equilibrio económico). El papel de las instituciones en el contexto económico actual y en el desarrollo innovador de las naciones se presenta en la Figura 5.

Figura 5: El papel de las instituciones en el contexto económico

Fuente: Elaboración propia a partir de Gandlgruber (2004).

Es así que las instituciones son elementos esenciales en la comprensión de la estructura interna de la organización (empresa) y de su dinámica de aprendizaje e innovación. Ya que la sobrevivencia de determinada organización, por ejemplo de una empresa en el mercado o la búsqueda de nuevos mercados, requiere necesariamente de una amplia gama de arreglos institucionales, compatibles o no con la lógica de procesos de optimización (Gandlgruber, 2004).

La importancia del análisis de la NEI radica en que ha logrado construir una nueva teoría para entender el papel de las instituciones en la teoría de la empresa (también llamada como teoría de la producción organizada), respondiendo a las diferencias persistentes en la teoría neoclásica tradicional. En este sentido, resulta relevante la teoría de los costos de transacción, al ser una referencia trascendental en el análisis de las instituciones en la teoría de la empresa y en la teoría económica en general. Esto al reconocer que en los actuales sistemas económicos las organizaciones se enfrentan a un sistema cada vez más competitivo y con racionalidad limitada, lo cual deriva en mayores y diferentes costos de transacción.

Costos de transacción

Son los costos de especificar qué se está negociando (canjeando) y de hacer cumplir los acuerdos consecuentes por tal motivo, en el mercado económico lo que se especifica son los atributos de valor –las dimensiones físicas y los derechos de propiedad- de los bienes y servicios (Corona, 2002).

Las transacciones implican costos, dado que a diferencia de un mercado sin fricciones (como se asume en los modelos neoclásicos), esta transferencia de bienes y servicios tiene lugar en un contexto de intercambio, donde la información es imperfecta y las partes han hecho inversiones en activos específicos o donde cada parte busca promover la obtención de su propio interés a costa de otros, empleando un comportamiento oportunista o estratégico (Salgado, 2003).

Son los costos de búsqueda e información, costos de negociación y decisión, y los costos de formulación y aplicación de las políticas Dahlman (1979).

En el siguiente apartado se presenta un breve análisis de la teoría de la empresa desde el enfoque neo institucional y de los costos de transacción.

1.7 Teoría de la empresa y costos de transacción

En las primeras décadas del siglo XX, la teoría de la empresa comienza a desarrollarse, ya que se consideraba especialmente necesario no sólo el establecimiento de una definición clara de la palabra “empresa”, sino también el de su diferencia con la empresa del “Mundo real” (Coase, 1937), en este sentido, la teoría de la empresa surge como una crítica a la teoría neoclásica por su incapacidad de explicar al sistema económico real desde la teoría del mercado, ya que la economía real está conformada por empresas, las cuales tienen como característica distintiva la sustitución del mecanismo de los precios, ya que la empresa se relaciona con una red exterior de precios y costos relativos.

Las empresas existen en una economía de intercambio especializado, “en la que se supone generalmente que la distribución de los recursos está organizada por el mecanismo de los precios. Por lo tanto, la empresa es un sistema de relaciones que surgen cuando la dirección de los recursos depende de un empresario” (Coase, 1937: 36).

En el marco de la teoría de la empresa surge la teoría de los costos de transacción la cual

tiene como principales exponentes a R. H. Coase⁹ y O. Williamson¹⁰, donde el origen de estos costos, es el establecimiento de algún tipo de contrato o de derechos de propiedad exclusivos para facilitar el intercambio entre agentes económicos.

Los costos de transacción son costos asociados a la búsqueda de personal o de bienes, así como a los derechos de la transferencia y a la negociación de los acuerdos. Existen otros costos asociados principalmente al seguimiento del contrato y a la revisión del cumplimiento del mismo.

Las transacciones implican costos, dado que a diferencia de un mercado sin fricciones (como se asume en los modelos neoclásicos), esta transferencia de bienes y servicios tiene lugar en un contexto de intercambio, donde la información es imperfecta y las partes han hecho inversiones en activos específicos¹¹ o donde cada parte busca promover la obtención de su propio interés a costa de otros, empleando un comportamiento oportunista o estratégico (Salgado, 2003).

La maximización de beneficios implica una forma dinámica para la elección de alternativas en función del grado de aversión al riesgo y la dirección de la empresa. Esta elección se lleva, ante la presencia de incertidumbre, de forma secuencial, además de no conocerse de antemano todas las alternativas, ni sus resultados, dada la racionalidad limitada de los agentes (Fernández y Arranz, 1999).

Por lo anterior, un aspecto fundamental dentro de la teoría de los costos de transacción son los aspectos legales, los cuales tienen entre sus funciones, dar certidumbre y la vez disminuir los costos de transacción. Reconociendo que existe incertidumbre en el mercado y por lo tanto, elevados costos en las transacciones, por ello, se busca bajo los diferentes marcos legales la definición y protección de los derechos de propiedad. Tales derechos serán definidos y protegidos sólo cuando los beneficios de hacerlo superan a los

⁹ Ronald H. Coase (1910-2013) Economista británico, obtuvo el Premio Nobel de Economía en 1991 por su descubrimiento y clarificación del significado de los costes de transacción y los derechos de propiedad para la estructura institucional y el funcionamiento de la economía. Es considerado el iniciador del campo de estudio del Análisis Económico del Derecho con su publicación en 1960 de lo que se ha dado en llamar el Teorema de Coase.

¹⁰ Oliver E. Williamson (1932-) Es un destacado teórico del nuevo institucionalismo. Doctor por la *Carnegie-Mellon University* en 1963 es actualmente profesor de *Economics and Law* en la Universidad de California en Berkeley. Autor del concepto de "Mecanismos de Gobierno" para referirse a los sistemas de control del riesgo asociado a cualquier transacción. Sus campos principales de investigación son la economía de las instituciones, la estrategia de las organizaciones, la burocracia, la política y los costes de transacción.

¹¹ Se dice que un activo es específico cuando una porción sustancial de su cuasi-renta depende de otro activo. La cuasi-renta de un activo es el exceso de su valor sobre su valor residual; esto es, el exceso de su valor actual sobre su siguiente mejor uso.

costos.

La teoría de los costos de transacción, es una corriente que cuestiona el enfoque ortodoxo de la empresa, el cual no considera los entornos dinámicos e inciertos, que se derivan de la reacción potencial de los competidores, los cambios en los gustos y necesidades de los consumidores, el avance tecnológico, los costos y ritmos de crecimiento de la demanda y la posibilidad de asumir decisiones influenciadas por el entorno.

A continuación se explicará de manera más específica que son los costos de transacción desde el enfoque de Coase y Williamson.

La teoría de los costos de transacción desde el enfoque de Coase

La teoría moderna de la empresa surge como una crítica de Coase (1937) al enfoque neoclásico de la organización económica, la cual tiene la apreciación de que los mercados, específicamente de bienes y servicios de demanda final, crean el ambiente más eficiente para la actividad económica, por lo tanto, todas las transacciones se realizan de manera eficiente en los mercados. Así, el precio de bienes y servicios se convierte en el numerario que vacía los mercados, que no es otra cosa que el subastador walrasiano¹² que los equilibra. Pero en el Mundo real se sabe que los mercados se enfrentan a imperfecciones que provocan dificultades en la ejecución de determinadas transacciones, provocando de esta manera costos de transacción.

Por lo anterior se considera a Ronald Coase como el pionero en el estudio de los costos de transacción, al escribir en 1937 el artículo llamado "*La naturaleza de la empresa*", en el cual propuso que el surgimiento de la empresa (organización económica) es el resultado de los costos imputables a la determinación de los precios del mercado, con lo cual se diferencia de la economía neoclásica, porque define los costos de transacción como aquellos que separan el mercado de factores. La elección de un tipo específico de organización también conduce a la elección de arreglos contractuales, que a su vez están determinados por el nivel de los costos de transacción. En este sentido, cada tipo de

¹² El subastador walrasiano resulta ser algo similar a la mano invisible de Smith. Walras (1834-1910) es considerado como el fundador de la economía matemática, fue el primero en analizar y describir el equilibrio general de la competencia perfecta, para explicar cómo los precios se pueden determinar por las interacciones entre los mercados, para diversas mercancías. Su teoría se basó en supuestos restringidos - incluyendo la competencia perfecta- y no explicó cómo los precios se pueden determinar dada la existencia de mercancías y el capital.

contrato representa diferentes costos de supervisión, medición y negociación. La forma de organización económica de la empresa cambia conforme se eligen diferentes tipos de arreglos contractuales.

La presencia de costos de transacción en la economía es creciente y eventualmente infinita; sin embargo, esta idea conduce a resultados inconsistentes y ambiguos respecto al modo en que los agentes se relacionan, en las economías reales, de disminuir los costos de transacción a través de las empresas y arreglos contractuales diversos, Coase (1937), reconoce que la transacción es costosa por lo tanto, deben compararse los resultados entre las acciones realizadas en escenarios contractuales diversos, para evidenciar la diferencia entre en la eficiencia económica, el contrato no es único, éste depende de la situación concreta en que se trate.

Partiendo de la visión limitada que proporciona el sistema económico neoclásico. Coase considera a las corporaciones (las empresas) como un mecanismo de relaciones que surge cuando la dirección de los recursos depende de un empresario o un conjunto de ellos. Coase (1937) explica la existencia de la empresa como una alternativa del mercado que permite reducir los costos de transacción, al reducir la cantidad de contratos que se celebran para el intercambio de los factores de producción.

Para Coase (1937:31) “fuera de la empresa, los movimientos de los precios dirigen la producción, que se coordina mediante una serie de transacciones de intercambio en el mercado. Dentro de la empresa, las transacciones de los mercados se eliminan y en lugar de esa complicada estructura del mercado surge el empresario-coordinador que dirige la producción” el cual, además, es el encargado de llevar a cabo los acuerdos cooperativos que garanticen los beneficios para la empresa y la reducción de los costos de transacción mediante acuerdos contractuales de largo plazo.

Debido a que las empresas se enfrentan constantemente a diferentes costos que la incertidumbre del mercado genera, los cuales merman sus utilidades y reduce su competitividad: Coase explica la necesidad de que se establezcan relaciones empresariales (generación de procesos cooperativos entre las empresas) con el objetivo de volver eficiente una transacción, donde tal vez convendría dividir la producción (o una determinada responsabilidad) en forma tal, que los costos de una transacción adicional sea el mismo en ambas empresas o que pueda disminuirse dicho costo en forma

conjunta, reduciendo riesgos al compartir la incertidumbre.

Para Coase, desde la perspectiva de un sistema corporativo, el sistema económico está coordinado tanto por el mercado como por la jerarquía de mando en la toma de decisiones (la empresa y el empresario coordinador). En lo que respecta al mercado, el mecanismo de los precios orienta de manera descentralizada la asignación de recursos. En tanto que la jerarquía de mando, que es el mecanismo de la autoridad interna, es la que direcciona la asignación de los mismos.

La teoría de los costos de transacción desde el enfoque de Williamson

Al igual de R. Coase, O. Williamson critica la idea de los mercados perfectos, “la cual considera al mercado como el mecanismo efectivo para la regulación y coordinación de las transacciones siempre y cuando la información sea perfecta (total certidumbre), y el número de oferentes y demandantes sea lo suficientemente elevado como, para garantizar que ninguno de ellos ostente el suficiente poder para influir sobre el precio y el resto de las condiciones en la transacción” (González, 2003:11).

Para Williamson (1990), la economía de los costos de transacción plantea la cuestión de la organización económica como un problema contractual. Donde la empresa es un conjunto de contratos, identifica dos tipos; los contratos completos y los contratos incompletos, éstos últimos, son los que generan los costos de transacción, pues generan costos *ex – ante*: los que surgen de la redacción, de la negociación y salvaguardadas¹³ del acuerdo; y costos *ex – post*: que se producen durante la ejecución del contrato, costos del control, de resolución de conflictos no contemplados en las salvaguardas y del aseguramiento de los compromisos asumidos (Williamson, 1990: 30).

Williamson (1985), analiza a la empresa como una organización económica relevante, en la cual se expresan de manera clara los problemas asociados a los costos de transacción. Williamson busca introducir un análisis más realista y aproximado al Mundo en el cual efectivamente se desenvuelven las empresas. En particular se propuso explicar el proceso de toma de decisiones, considerando que las empresas enfrentan un entorno complejo y con diferentes problemas. Lo cual supone que las decisiones ocurren bajo una fuerte incertidumbre económica, porque los agentes no conocen toda la información

¹³ Las salvaguardas son los documentos u otras características de seguridad, con posibilidad de añadirse a un contrato como protección de que lo establecido en él se cumplirá (García, *et al.*, 2004).

relevante para realizar decisiones óptimas que permitan maximizar beneficios.

Williamson, (1985), afirma que los precios de mercado no son capaces de transmitir toda la información necesaria para la toma de decisiones (como lo plantea la teoría neoclásica). Estos problemas de información incompleta y asimétrica generan cambios importantes en la conducta de los agentes de la empresa, por ejemplo, conductas oportunistas. Además, afirma que el mercado no es único ni el más eficiente mecanismo de asignación de recursos, las empresas también generan mecanismos formales a través de la organización y jerarquías internas, para asignar, distribuir los recursos y solucionar problemas.

Las capacidades de cálculo y cómputo de los individuos para procesar y acumular información son limitadas y costosas; también, los individuos no siempre pueden transformar la información disponible en información valiosa y pertinente para la toma de decisiones, por que mucha de esta información no es inmediata o directamente utilizable por los individuos en las empresas (Williamson, 1985).

La economía de los costos de transacción desde el enfoque de Williamson (1985), asume que la conducta de los agentes económicos está seriamente influida por problemas de información, no sólo existen conductas oportunistas, sino también errores de cálculo, ya que los agentes son al mismo tiempo menos calculadores por su limitada capacidad para recibir, procesar y calcular información, y también más calculadores por las ambiciones y el oportunismo individual.

1.7.1 Cooperación entre organizaciones y costos de transacción

El concepto “cooperar” varía en función del contexto en el que se ubique la discusión¹⁴. Sin embargo, una definición de carácter general que puede guiar una caracterización de los actos cooperativos al nivel social es la que se encuentra en el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (1995) el cual indica que “cooperar se refiere a la acción de trabajar conjuntamente con otro u otros para el mismo fin”¹⁵ (un fin común), por lo que se puede considerar como una guía primordial para el establecimiento de vínculos entre personas, empresas o cualquier otro tipo de organización.

¹⁴ Una parte de los planteamientos aquí presentados son parte de un trabajo de tesis previamente realizado para obtener el grado de Maestro en Economía y Gestión de la Innovación (Alvarado, R., 2009).

¹⁵ Definición del Diccionario de la Lengua Española: gramática y verbos (1995).

Aunque la cooperación pareciera la antítesis de la competencia, la necesidad de competir es un impulso que motiva, en muchas ocasiones, a los individuos a organizarse en grupos y cooperar entre ellos para optimizar sus fortalezas y habilidades. Donde el papel de la complementariedad es de suma importancia, ya que ante un ambiente competitivo los agentes pueden buscar la complementariedad con el fin de alcanzar determinados objetivos. En este sentido, Battram (2001) señala que la cooperación se encuentra determinada en gran medida por la competencia (y/o la complementariedad); el propósito de una alianza estratégica entre los agentes en un contexto específico (económico, político o social) es la de ser más competitivos e incrementar las posibilidades de reproducción y sobrevivencia.

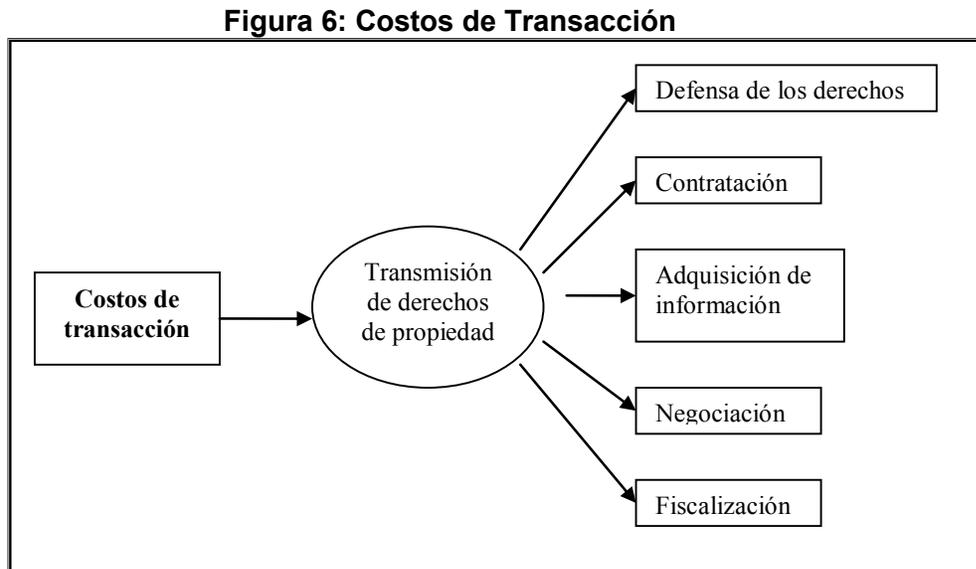
Los acuerdos de asociación entre las empresas se consideran el origen de lo que genéricamente se conoce como cooperación empresarial. La cooperación, como se ha señalado, supone una decisión estratégica que permite el beneficio mutuo (crecimiento), tanto cuando se busca una estrategia de volumen (mayor presencia en el mercado) como cuando se pretende complementariedad o efectos sinérgicos, proporcionando, a la vez, la flexibilidad necesaria para reaccionar ante la voluntad del entorno (Fernández y Arranz, 1999).

Sin embargo, la ambigüedad del concepto de cooperación, así como la amplia variedad de formas de hacerlo efectivo y los diversos objetivos lleva a resultados distintos. En el contexto económico de la empresa, la cooperación se asocia a conceptos, determinados por ciertas especificidades, tal es el caso de: asociaciones, consorcios, alianzas, empresas conjuntas o acuerdos de colaboración. En términos generales la cooperación empresarial se convierte en una actividad económica compartida, encaminada al logro de beneficios mutuos entre los participantes, que en determinados contextos se adopta para competir en el mercado.

En el Anexo 1 se presentan las principales formas de cooperación empresarial. Aunque cabe aclarar que existen otras formas de cooperación empresarial que pueden plasmarse en una gama de acuerdos, sin embargo, en dicho Anexo se muestran aquellas cuyo grado de estructuración está fuertemente determinado por los objetivos de los participantes y por el tipo de transacción realizada.

Entre los objetivos que las empresas se plantean para estructurar un acuerdo cooperativo

se tiene el de reducir costos de transacción (Ayala, 1999), que surgen de las externalidades dinámicas relacionadas con la apropiabilidad de los beneficios derivados de la acción cooperativa. Como se muestra en la Figura 6:



Fuente: Ayala (1999:183).

A la luz de la teoría de los costos de transacción, se reconoce que dadas las condiciones del mercado a las que se enfrentan las empresas, lejos de operar en forma individual y aislada, han creado paulatinamente, redes cooperativas, alianzas o fusiones que les permiten potencializar sus capacidades y aprovechar oportunidades. Lo anterior con el fin de reducir los diversos costos de transacción asociados al sistema económico.

En cierta medida la cooperación entre empresas ha permitido que éstas replanteen sus estrategias y objetivos al explorar nuevas dimensiones como cooperar con sus competidores directos, colaboración táctica, con el fin de competir a escalas cada vez mayores, o cooperar con sus principales socios para hacer más eficiente la producción, minimizar costos, compartir riesgos y/o compartir capacidades tecnológicas y humanas.

A continuación se presenta un breve análisis de la importancia de la cooperación entre las organizaciones desde los enfoques de Coase y Williamson.

Para Coase (1937:38), la cooperación entre las empresas se da mediante la interacción en el mercado:

“si los costos de la organización de una transacción adicional dentro de una empresa se igualan a los costos de realización de la misma transacción por medio de un intercambio en el mercado abierto, o a los costos de su organización en otra empresa [...] entonces, una transacción entre dos empresas en el mercado, podría organizarse a un costo menor que el de la comercialización efectiva” de una empresa individual.

La cooperación se da en dos dimensiones, la primera en la empresa, siendo esta la entidad donde se genera la producción en equipo de diferentes agentes y factores, la unión o el uso conjunto de los factores rinden una producción mayor que la suma de la producción individual de cada uno de los factores (considerando que no se eliminan los contratos cuando hay una empresa, pero si se reducen en gran medida). La segunda, en el mercado que es donde confluyen las empresas y colaboran para reducir dichos costos de transacción¹⁶ y hacerle frente a la incertidumbre del mercado.

Por otra parte, a pesar de que Williamson, no hace explícito el papel de la cooperación, en muchos momentos hace alusión a ésta en lo que él denomina las estructuras de Gobierno intermedias (mercado y jerarquía). Dada la complejidad en el sistema económico se requiere de la complementariedad de ambas entidades para hacer posible la ejecución de contratos en el mejor de los escenarios que permita minimizar los costos de transacción. Así, los acuerdos de cooperación, funcionan como un esquema de posibles formas intermedias (o híbridas) entre el mercado y jerarquía que permite reducir los costos de transacción, y de esta manera se presenta como la solución económica más eficiente.

“Para Williamson, además del mercado y las formas de gobernación jerárquicas (éstas con diferentes formas de organización), existe la alternativa forma híbrida, que es una institución económica que surge porque las partes (comprador y proveedor), tienen un interés mutuo en el establecimiento de una relación que disminuya el oportunismo y la racionalidad limitada, y con ello, puedan enfrentar menores costos de transacción que con otra alternativa de gobernación” (García, *et al.*, 2004: 105). El principal objetivo a partir de estas formas híbridas es facilitar o hacer más eficiente el intercambio (sustentándose regularmente en algún tipo de contrato y salvaguarda).

¹⁶ Uno de los procedimientos de cooperación que Coase (1937) plantea son los contratos de largo plazo, con el fin de reducir el riesgo (de que los actores actúen de una manera desventajosa), por lo tanto, es una manera de dar mayor certidumbre a un menor costo. Además, el contrato de largo plazo entre diferentes empresas que cooperan puede ser vista como una manera de integración vertical (de la empresa), la cual es una estrategia para eliminar o por lo menos minimizar los diferentes costos.

Una de las maneras de representar la forma híbrida para organizar la actividad económica es mediante la integración vertical de la producción, la cual es una manera de especializar a ésta, mediante contratos entre las empresas implicadas. La integración vertical es una forma de responder a las fallas de mercado, tales como oportunismo, racionalidad limitada e incertidumbre.

Así, al interior del mercado se dan los incentivos para que las empresas cooperen, mediante la cooperación entre firmas se intenta hacerle frente a las fallas que el propio mercado genera. Una de las alternativas, como se había mencionado, es la integración vertical, ésta se presenta como una alternativa de coordinar la actividad económica de una manera más eficiente y a un menor costo. Para Williamson (1999b:21) “la integración vertical permite a la empresa tener mejor acceso *ex - post* a la información, con ello se neutralizan los incentivos a la explotación oportunista de la incertidumbre y se adquiere mayor control en la selección de activos.”

Williamson reconoce que la empresa y el mercado son dos modalidades externas que gobiernan las transacciones. Entre dichas modalidades se ubican las mencionadas estructuras híbridas de Gobierno porque combinan principios y reglas propias de las formas puras. Así, la cooperación entre empresas aparece como un sistema intermedio de coordinación en que las relaciones no se basan ni en jerarquía (empresa), ni en contratos puntuales (mercados) sino en reglas internas, previamente negociadas, que pueden ser tácitas (derivadas de una larga relación comercial) o expresas (provenientes principalmente de acuerdos, contratos y salvaguardas)¹⁷.

Para Williamson (1990) la cooperación (y/o la creación de acuerdos comerciales entre empresas) no es una actividad espontánea, se determina conjuntamente por diversos componentes, tales como los factores sociales, institucionales o medioambientales y los lineamientos de los incentivos, lo que determina que los beneficios sociales de la cooperación sean limitados. Por lo tanto, la eficiencia dependerá en parte del proceso distributivo y de la manera en que se establezca el sistema cooperativo. Algo importante que hay que considerar es que para Williamson, el proceso de cooperación conlleva a la estrecha relación entre las formas de organización, la formal y la informal dicha

¹⁷ Los niveles de cooperación varían en función de la organización y de las condiciones del mercado, por ejemplo: al interior de la empresa Williamson *et al.* (1975) plantea que la cooperación se puede dar en dos formas, la cooperación consumada que es una actitud afirmativa ante el trabajo, que incluye el uso de la inteligencia, el relleno de huecos sin cubrir, y la toma de iniciativas de una forma instrumental. Y la cooperación somera (o poco comprometida), que conlleva un rendimiento en el trabajo mínimo aceptable.

cooperación requiere de ambos componentes, además de un eficiente establecimiento del contrato el cual en un contexto cooperativo se considera de largo plazo. Ver ambas formas de cooperación entre las organizaciones en el Cuadro 4:

Cuadro 4: La cooperación en las organizaciones

Organización formal	Aquí, la cooperación entre los agentes se da de manera consiente, deliberada, dotada de un propósito específico. Básicamente se encuentra establecida en un estatuto con algún límite específico. Generalmente se basa en contratos de largo plazo.
Organización informal	Aquí, la cooperación se encuentra basada en la comunicación de los agentes de manera no deliberada, lo que promueve la cohesión basada en la confianza. Generalmente son acuerdos tácitos.

Fuente: Elaboración propia a partir de Williamson (1990).

La integración vertical que Coase y Williamson (1990) plantean, tiene el propósito de economizar los costos de transacción. La cual puede surgir como un acuerdo cooperativo o comercial entre las empresas. Un ejemplo de la integración vertical que Williamson (1990: 96) presenta, se puede dar a partir de “dos operaciones de manufacturas separables donde la producción de una etapa alimenta a la siguiente. Un empresario ha decidido entrar a la etapa dos y está considerando formas alternativas de organización de la etapa uno. Una posibilidad es la solicitud de licitaciones de proveedores calificados para satisfacer sus necesidades. Otra es la integración hacia atrás¹⁸ (o hacia delante¹⁹, según sean los objetivos) para hacer el trabajo él mismo. Con esta segunda opción se estaría reduciendo los costos de transacción mediante un acuerdo de largo plazo, donde el empresario estaría controlando ambos procesos evitando el acudir al mercado para complementar parte de su proceso productivo”.

Hay que mencionar que Williamson define tres características de las transacciones que

¹⁸ En la integración vertical hacia atrás, la compañía crea subsidiarias que producen algunos de los materiales utilizados en la fabricación de sus productos. Por ejemplo, una compañía automovilística puede poseer una empresa de neumáticos, una de vidrio y una de metal. El control de estas subsidiarias se justifica para crear un suministro estable de materiales y asegurar una calidad constante en el producto final.

¹⁹ En la integración vertical hacia delante, la compañía establece subsidiarias que distribuyen o venden productos tanto para los consumidores como para su propio consumo. Ejemplo de ello, sería un estudio de cine que poseyera una cadena de teatros o salas de cine para proyectar sus propias producciones.

han de tenerse en cuenta en la elaboración de los contratos o el establecimiento de procesos cooperativos entre las empresas: la incertidumbre, la especificidad de los activos, y la frecuencia con que se producen dichas transacciones, con el objetivo de hacer eficientes y benéficas las relaciones entre los agentes involucrados (ver Cuadro 5).

Cuadro 5: Características de las transacciones

La incertidumbre	Hace referencia a la volatilidad de las condiciones del entorno, a la falta de información y a su distribución asimétrica entre los participantes, respecto a variables o factores relevantes para que el intercambio se culmine con éxito.
La especificidad de los activos	Es otro factor importante a tener en cuenta en la contratación, ya que generalmente la mayor especificidad va unida a la condición de no verificabilidad de la información en cuanto a la cantidad y la calidad de la inversión. Y se pueden distinguir 3 tipos de especificidad de los activos: de emplazamiento; física y de conocimientos, que normalmente es consecuencia del capital humano.
La frecuencia	Hace referencia a la periodicidad con la que se producen las transacciones. Así, el comportamiento entre las partes que realizan el contrato estará determinado por intereses a corto plazo o puntuales (si la frecuencia es baja) existirá un interés por lo regular con detalle de los intercambios, para que se lleven acabo con fluidez si éstos van a tener un carácter frecuente en el horizonte del largo plazo.

Fuente: Elaboración propia a partir de Williamson (1990).

Para la teoría de los costos de transacción, el acuerdo de cooperación incorpora rasgos propios del mercado porque se realiza entre empresas que mantienen su independencia jurídica sin que se planteen relaciones de subordinación. Con respecto a la jerarquía (empresa), comparte el establecimiento de relaciones con una cierta estabilidad o permanencia. Por ello, ostenta la ventaja de reducir los costos de transacción de todas las actividades.

Desde el punto de vista económico el incentivo para que las empresas cooperen es el de minimizar los costes de producción de las operaciones²⁰ y los de transacción²¹. “Los costes de transacción dependen tanto de componentes que tienen que ver con el decisor:

²⁰ Los costos de producción básicamente vendrán dados por la existencia de economías (de escala y alcance) ligadas al tipo de tecnología necesaria para su realización (Muños, 1995: 187).

²¹ Como ya se había mencionado, los de transacción requieren tener en cuenta los que ocurren antes y después de que una tarea (un conjunto de ellas) se realice: búsqueda de oferentes, selección y negociación de las condiciones, en su caso, redacción del contrato, fijación de las garantías o salvaguardas (avales, penalizaciones...), control de cumplimiento del contrato, reconducción de desviaciones o probabilidad de existencia de litigios (Muños, 1995: 187).

racionalidad limitada y oportunismo; y con el entorno de la transacción: especificidad de los activos implicados, incertidumbre sobre los comportamientos estratégicos de otros agentes y sobre la evolución de los mercados, frecuencia con que se realiza la transacción, volumen de la misma, de las externalidades que se deriven por la marca por un mal funcionamiento del canal, y la existencia o no de sinergias tanto por parte de la demanda (productos complementarios), como de los costes de distribución” (Muños, 1995: 188).

Williamson (1990) plantea diferentes formas de relación entre los agentes (u organizaciones) de acuerdo a la presencia o no de las características mencionadas en el Cuadro 5. Para Williamson lo que se busca es la forma de organización más eficiente, la cual permita minimizar los costos de realización de las operaciones de distribución (transporte, *stocks*, gestión de la información, almacenes, crédito, etc.), como los de dirección (planificación, organización y control) de tales actividades. En el Cuadro 6, se presentan las estructuras eficientes de organización de las transacciones en función de la frecuencia y la especificidad de la misma y en cuál de ellas se ubica la integración vertical.

Cuadro 6: Estructuras eficientes de organización de las transacciones

		Características de la inversión		
		<i>No específica</i>	<i>Mixta</i>	<i>Específica</i>
Frecuencia	<i>Ocasional</i>	Mercado clásico (Contrato clásico)	Relación trilateral (Contratación neoclásica)	
	<i>Recurrente</i>		Relación bilateral Contratación bilateral	Integración vertical

Fuente: Williamson (1990: 87), tomado de (Muños, 1995: 188).

Bajo esta temática la integración vertical surge como una forma de responder a las fallas de mercado a partir de contratos bilaterales. La existencia de especificidad estrecha y

con una alta recurrencia, el mercado (sistema de precios) se convierte en un sistema poco eficiente de asignación. La especificidad de los activos y la alta recurrencia, como puede ser el caso en la difusión del conocimiento del sector en particular entre las organizaciones los acuerdos de cooperación entre las organizaciones resulta relevante.

Conclusiones

El objetivo del presente Capítulo fue hacer una revisión de los principales temas y conceptos en los que se enmarca la presente investigación. El análisis se apoya en los distintos conceptos obtenidos, a partir de la literatura de aprendizaje tecnológico y las capacidades tecnológicas, haciendo énfasis en la literatura centrada hacia los países en desarrollo.

El presente trabajo parte de la premisa de que los diferentes procesos de aprendizaje tecnológico son un elemento clave, en la construcción de capacidades tecnológicas de las organizaciones y por lo tanto, para el sector a estudiar (sector eólico en México), en este sentido, tanto los conceptos de aprendizaje tecnológico como el de capacidades tecnológicas resultan ser un elemento básico para el análisis del problema a abordar.

El concepto de capacidades tecnológicas utilizado en esta investigación, se basa en la definición de Kim (1997), quien describe a éstas como: “la habilidad para hacer uso efectivo del conocimiento tecnológico para asimilar, utilizar, adaptar y cambiar las tecnologías existentes”. En donde el objetivo es que dichas capacidades tecnológicas permitan crear nuevas tecnologías, desarrollar nuevos productos y procesos, es decir generar nuevas innovaciones, tanto de carácter radical como incremental.

Teniendo en cuenta que tanto los procesos de aprendizaje tecnológico, y por lo tanto, la construcción de capacidades tecnológicas son parte central de los procesos de innovación de cualquier organización, y por lo tanto, de los países y de sus diferentes sectores productivos. En este sentido, hay que destacar que las innovaciones no solamente son de carácter tecnológico sino también no tecnológico como es el propio aprendizaje.

En este contexto, se busca entender y explicar cómo ha sido el proceso de aprendizaje tecnológico que han facilitado la construcción de capacidades tecnológicas en empresas,

universidades y centros de I+D participantes en el sector eólico en México. Así como entender el papel que juegan las instituciones en todo el proceso de aprendizaje y acumulación de las capacidades tecnológicas de las organizaciones a estudiar y de la relevancia del tema de los costos de transacción a los que se enfrentan las organizaciones.

Un elemento central es la presentación de la propuesta teórica y metodológica desarrollada por Lall (1992) y Bell & Pavitt (1995), la cual resulta ser una de las propuestas más ampliamente difundida para la caracterización y el análisis de capacidades tecnológicas de las organizaciones localizadas en países en desarrollo.

En torno al tema de costos de transacción, el tema resulta relevante ya que un elemento central en el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables y en el desempeño de las medidas encaminadas a la mejora de la eficiencia energética y de la reducción de las emisiones de CO₂, es el tema de los costes de transacción asociados a la implementación de este tipo de proyectos, ya que dichos costos se pueden traducir en que, en algunos casos, pueden llegar a suponer un verdadero obstáculo para el desarrollo y éxito de tales proyectos, así mismo en los costos de transacción asociados a la generación y transmisión de conocimiento tecnológico y la construcción de capacidades tecnológicas. Destacando que para el desarrollo o consolidación de una industria eólica local se requiere de la socialización de capacidades tecnológicas por parte de diferentes organizaciones del sector, en este sentido es que el tema de la cooperación entre las organizaciones cobra relevancia, ya que permite la reducción de los diferentes costos de transacción en los que incurren las organizaciones por la socialización de conocimientos y por lo tanto, se convierte en un instrumento clave para la construcción y/o consolidación de capacidades tecnológicas.

Finalmente hay que puntualizar, que para el estudio realizado, se entiende a la innovación como la concepción de la idea novedosa, pasando por el diseño, la elaboración de prototipos, el escalamiento del proceso, hasta la comercialización de un producto o servicio nuevo para el mercado local o global. “Dicho proceso incluye diversos grados de uso y articulación del conocimiento disponible de adaptaciones tecnológicas, de relaciones entre actores ubicados en distinto lugares de una o varias cadenas de valor, de vínculos e intercambios institucionales en el nivel productivo, científico, financiero, etc.” Villavicencio, (2012: 29). Lo cual requiere un proceso permanente y deliberado de los

agentes (organizaciones) para generar conocimiento tecnológico que derive en el desarrollo de más y mejores capacidades tecnológicas.

Capítulo 2: Energías renovables en la diversificación energética y mitigación al cambio climático

Introducción

El cambio climático, sus causas y consecuencias, hasta hace pocos años era una cuestión que sólo llamaba la atención de los expertos de ciertas áreas científicas y a determinados sectores de la sociedad. No obstante, en la actualidad, es muy común que se hable del tema en muchos ámbitos y medios al reconocerse que es un asunto de competencia a todos los niveles de la vida humana (tanto ambientales como económicos y sociales).

Hoy por hoy se admite, casi de manera unánime por los científicos, que el cambio climático representa una amenaza no sólo en el largo plazo ya que sus efectos se dejan sentir en la actualidad²². Toda vez que hay más evidencia del impacto de las altas temperaturas sobre la producción de alimentos y la accesibilidad de estos, así como en la elevación del nivel del mar (que puede terminar inundando zonas que en la actualidad están habitadas). Los expertos atribuyen estos problemas a una mayor concentración creciente de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera.

Pero a todo esto, ¿Qué se entiende por cambio climático? “Los expertos lo han definido como todo cambio en el clima a través del tiempo resultado de la variabilidad natural o de las diferentes actividades humanas (origen antropogénico). Estos cambios pueden presentarse tanto en la intensidad y distribución de las lluvias a lo largo del año como en la temperatura tanto en tierra firme como en el mar, entre muchos otros”, es decir variaciones atípicas en el clima (SEMARNAT, 2008: 156).

De esta manera se entiende por cambio climático a los cambios en el clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variación natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables (para referirse al origen humano del cambio se utiliza la expresión cambio climático antropogénico).

²² Las evidencias documentadas que los glaciares están disminuyendo su extensión, los huracanes son cada vez más intensos, que las temporadas de lluvias son cada vez más irregulares, y que los veranos son cada vez más calurosos, entre otros.

Se ha demostrado que históricamente, la industrialización y otras actividades humanas han estado ligadas a este incremento neto de emisiones de GEI, siendo unas de las principales consecuencias: la actividad agrícola, la quema de combustibles fósiles y la deforestación acelerada. Dichas actividades, resultan ser las principales causas del aumento de la concentración del bióxido de carbono (CO₂), cuyas emisiones anuales han aumentado cerca de un 80% entre 1970 y 2004, año en el que representaban casi un 77% de las emisiones de GEI derivadas de las diferentes actividad humanas²³.

Buena parte de las emisiones de GEI provienen del sector energético en sus diversas formas (incluyendo transporte y la generación eléctrica) ya que históricamente la prestación de dichos servicios energéticos se ha basado principalmente en la combustión (quema) de combustibles de origen fósil. Por tal razón, es que las energías renovables hoy más que nunca representan una importante alternativa para reducir las emisiones de GEI, ello sin comprometer los requerimientos energéticos de las diferentes sociedades, y mejor aún incrementar su abastecimiento de una manera más sostenible.

Un adecuado abordaje en la búsqueda de soluciones al problema del cambio climático requiere indudablemente de profundos cambios a los sistemas energéticos actuales, cambios que implican el impulso a una mayor participación de las fuentes de energía renovables en los *mix*²⁴ energéticos internacionales (diversificación de la matriz energética).

El presente Capítulo tiene como objetivo describir la importancia y las implicaciones que tienen las energías renovables en las estrategias de combate a los efectos del cambio climático y en la diversificación energética con el fin reducir la dependencia energética a los combustibles convencionales. Para lo anterior, el Capítulo se divide en tres apartados principales, en el primero se aborda el tema de estrategias de mitigación al problema del cambio climático, en el segundo apartado se presenta un breve análisis de la situación actual y perspectivas de las energías renovables en el contexto del sector eléctrico mundial y en la estrategia en la mitigación al cambio climático.

²³ Datos disponibles es: <http://bancaparatodos.com/es/cambio-climatico-y-energias-renovables-un-enfoque-sectorial/> (consultado mayo de 2013).

²⁴ La expresión *mix* energético, alude a la combinación de las diferentes fuentes de energía que cubren el suministro eléctrico de un país, puede expresarse de igual manera como combinación energética o matriz energética. El *mix* energético actual en las economías desarrolladas está fundamentalmente basado en el petróleo y el gas, es decir, fuentes de energía caras y no renovables y sólo una parte menor del *mix* contiene energías renovables.

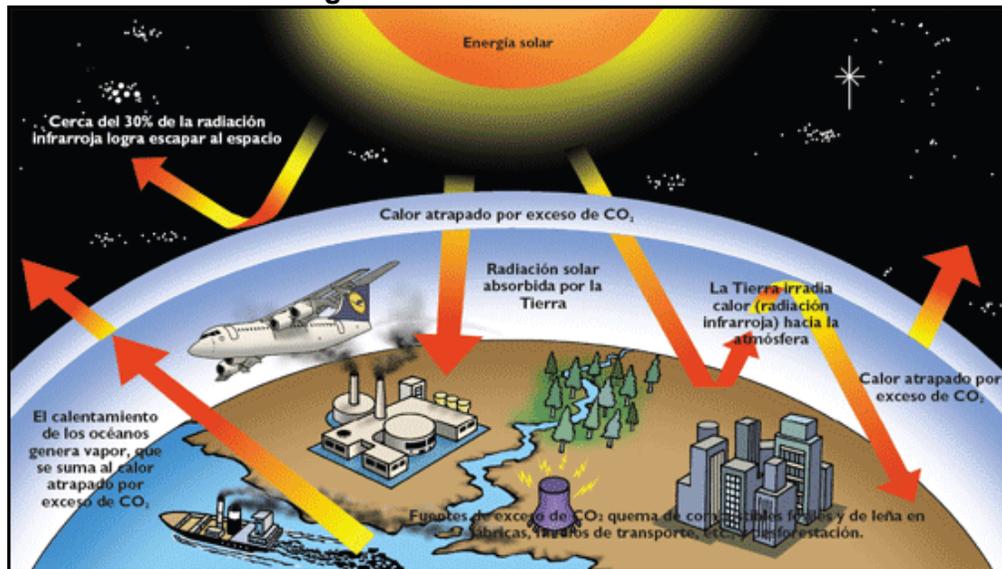
En el tercer apartado se aborda el tema de las energías renovables y su papel el sector eléctrico mexicano así como las proyecciones del sector renovable en México y el papel de la actual Reforma Energética (2013) en el impulso a una explotación más intensiva de dichas fuentes de energía.

2.1 Cambio climático y estrategias de mitigación

Para poder comprender cómo ocurre y qué causa el cambio climático es necesario entender el fenómeno conocido como “el efecto invernadero”, el cual es parcialmente responsable de la temperatura actual de la Tierra²⁵. Dicho fenómeno como su nombre lo indica, ocurre como en un invernadero, común y corriente, en el cual en su interior la temperatura es más alta que en el exterior. Esto se debe principalmente a que los vidrios de su estructura (o la base plástica que lo cubre), dejan pasar la energía que proviene de la radiación del sol pero no la dejan escapar fácilmente dicha energía (la capturan), de esta manera es que se produce entonces un efecto de calentamiento que permite temperaturas relativamente mayores a las que se observarían fuera de él. En el caso de la Tierra (ver Figura 7), el efecto de los vidrios lo realiza la atmósfera, que deja pasar gran cantidad de la energía solar que llega y la absorbe, mientras que otra se vuelve a emitir de regreso al espacio por la tierra firme, los mares y los océanos (SEMARNAT, 2008: 156).

²⁵ Otro importante factor es el sol y la distancia de la Tierra hacia él.

Figura 7: El efecto invernadero



Fuente: google imágenes.

Diferentes científicos y grupos de expertos han demostrado que entre los gases que componen la atmósfera –nitrógeno y oxígeno principalmente– los que tienen mayor impacto en la temperatura son los GEI, los cuales son: el bióxido de carbono (CO₂); metano (CH₄); óxido nitroso (N₂O); ozono (O₃), e incluso el vapor de agua. Estos gases dejan pasar la radiación solar casi sin obstáculo, pero absorben y re-emiten la radiación infrarroja (es decir, el calor) que emiten a la superficie de la Tierra, los mares y los océanos. Como resultado final, la superficie del planeta se calienta, debido a este “efecto de invernadero”. Sin este fenómeno la temperatura de la Tierra sería en promedio 33°C más fría y muy probablemente la vida no se hubiese desarrollado o sería muy distinta a como la conocemos hoy en día.

Con esto podemos entender por qué un incremento de la concentración de los GEI puede alterar el flujo natural de energía, ya que a mayor cantidad de GEI presentes en la atmósfera, mayor es la cantidad de calor que se absorbe y la superficie del planeta alcanza una mayor temperatura.

Por lo anterior, los efectos asociados a fenómenos de cambio climático son diversos. En el informe de evaluación del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de 2007 se enumeran algunas de las consecuencias vinculadas al incremento de temperaturas y otras modificaciones en el clima de la tierra como son: mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, incremento en el nivel del mar, pérdida de tierra útil para el cultivo y por ello mayor escasez de alimentos, redistribución

de los recursos hídricos, pérdidas de biodiversidad, intensificación de flujos migratorios, etc.

En dicho informe se afirmaba que la sociedad puede adecuarse al cambio climático y sus impactos por medio de estrategias de adaptación y mitigación. Las estrategias propuestas son de diversa índole y van encaminadas a la protección de los bienes, los recursos naturales y la vida humana. Algunas de estas estrategias están enmarcadas en iniciativas más amplias de planificación del desarrollo y territorio, como la planificación del uso de los recursos hídricos, la protección de las costas, las estrategias de reducción de riesgos de desastres y el uso y desarrollo de fuentes de energía renovable.

Considerando que el sector energético y el cambio climático son dos caras de una misma moneda, esto exige tomar decisiones difíciles porque por un lado el cambio climático tendrá importantes efectos (globalmente negativos) sobre el bienestar humano pero, por otro, el sector energético garantiza la cobertura de gran parte de las actuales necesidades humanas básicas como iluminación, calefacción, movilidad o comunicación (Labandeira, 2012). Por lo anterior, las energías renovables toman un papel relevante en la búsqueda de soluciones óptimas. “Las energías renovables pueden proporcionar una serie de oportunidades y puede no sólo abordar la mitigación del cambio climático, ya que también puede abordar el desarrollo económico sostenible y equitativo, acceso a la energía, el suministro de energía segura y la disminución en los impactos ambientales locales y la salud humana y demás especies animales” (SRREN-IPCC, 2011: 166), además de garantizar para las naciones una mayor seguridad energética al diversificar su matriz energética basada en la explotación de sus recursos energéticos renovables locales, los cuales en muchos países éstos recursos son abundantes.

Según el Informe Especial sobre Fuentes de Energía Renovables y Mitigación del cambio climático, 2011 (SRREN por sus siglas en inglés) del IPCC, algunos Gobiernos han introducido con éxito una variedad de políticas de promoción a las energías renovables, motivados por una variedad de factores, para hacer frente a estos diversos componentes de la reinserción en el sistema energético. Estas políticas han impulsado el crecimiento en la escalada de tecnologías de energías renovables en los últimos años. De esta manera las tecnologías ligadas a la explotación/exploración de energías renovables puede jugar un papel muy importante más aún si se aplican las políticas necesarias para acumular capacidades tecnológicas que faciliten el desarrollo de tecnologías locales en

los diferentes países, principalmente en aquellos países emergentes que cuentan con recursos energéticos renovables y que pueden ser potencialmente explotados.

2.2 Energías renovables a nivel mundial y cambio climático

Se ha planteado que un futuro sostenible implica, entre muchas otras acciones, fortalecer el ahorro energético y apoyar en mayor medida las tecnologías energéticas bajas o nulas en emisiones de CO₂, sobre todo aquellas tecnologías basadas en fuentes renovables de energía. Lo anterior, considerando que cada vez resulta más apremiante tomar medidas urgentes, como indica el SRREN-IPCC, (2011), según el cual, la tendencia decreciente de emisiones de CO₂ por unidad de energía suministrada, que tuvo lugar entre 1970 y el año 2000, se tornó positiva a partir de esta fecha. Según este Organismo de las Naciones Unidas (ONU), para mantener el incremento de la temperatura media a largo plazo entre los 2 y 2.4°C, será necesario reducir en al menos un 50% las emisiones de carbono globales entre el año 2000 y 2050. O quizás tendría que ser necesaria una mayor reducción de emisiones de continuar con la tendencia de los últimos años. Para el objetivo de la reducción de emisiones del 50%, implicaría que los costes sean sustanciales: la Agencia Internacional de Energía (IEA, por su siglas en inglés) calcula que un escenario de reducción de emisiones del 50% requerirá una inversión de 46 billones de dólares hasta 2050 (SRREN-IPCC, 2011).

Según datos de la IEA, las emisiones de CO₂ en el año 2010 fueron las más altas de la historia, a pesar del contexto económico recesivo que vivieron la mayor parte de los países desarrolladas del Mundo en el año 2008. Lo cual pone en evidencia lo difícil que resultará alcanzar objetivos y compromisos como los fijados en las últimas Conferencias de las Partes²⁶ (COP). Pero para tratar de alcanzar o por lo menos avanzar en dichos objetivos y metas, se requiere necesariamente de la reconfiguración de los sistemas energéticos globales y sobre todo el papel de las energías renovables en dichos sistemas energéticos de los países.

²⁶ La Conferencia de las Partes (COP) es el órgano supremo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). De la misma manera, la COP en calidad de reunión de las Partes del Protocolo de Kioto (CMP) es el órgano supremo de dicho instrumento. Tanto la COP como la CMP se reúnen anualmente con la función de supervisar y examinar la aplicación de la Convención y del Protocolo y desarrollar el proceso de negociación entre las partes de la Convención ante nuevos compromisos.

Ahora bien, según los escenarios evaluados por el IPCC de mantenerse las tendencias actuales, el rango del incremento de la temperatura global para la última década del siglo XXI, oscilaría entre 1.1°C y 6.4°C, al tomar como referencia el promedio de las últimas dos décadas del siglo XX. Sin embargo, en septiembre del 2013 se publicó la primera parte del Grupo de Trabajo I del IPCC al Quinto Informe (G1AR5²⁷, por sus siglas en inglés), que actualiza la información científica y reafirma los efectos del cambio climático antropogénico; “es probable que el periodo 1983-2012 haya sido el más caliente desde hace 1,400 años” y sus efectos son perceptibles, la capa de hielo en las zonas cercanas a los polos y en las altas montañas ha decrecido constantemente en los últimos años; a su vez, el incremento en el nivel del agua desde mediados del siglo XX ha sido mayor que en los últimos 2000 años (IPCC, 2013).

A partir de las previsiones del 4º Informe del IPCC, del G1AR5 y del informe del Grupo de Trabajo 2 (G2AR5), se podría esperar que los distintos sectores socioeconómicos (como agricultura, pesca, industria, turismo, salud, entre otros) sufran serios daños y perjuicios como resultado del cambio climático (IPCC, 2014). Las repercusiones en los últimos años del cambio climático se ha dejado ver de manera clara en las reducciones de las cosechas, lo cual afecta directamente a la inseguridad alimentaria de las naciones, así como todas las consecuencias de impacto global como: la pérdida de especies animales-vegetales y los cada vez más bruscos cambios de temperaturas.

Pero es necesario subrayar que para poder avanzar en los objetivos internacionales, para el combate al cambio climático, el papel de los Gobiernos juega un papel central en el objetivo de alcanzar planes estratégicos multilaterales, considerando que como consecuencia de la creciente demanda global de energía prevista por una clase media en auge de los países en vías de desarrollo (y emergentes). La quema de combustibles fósiles para la generación de energía (tanto para electrificación como para transporte) es la principal fuente de emisiones de CO₂, y es por eso que Gobiernos y empresas tendrían que centrar sus esfuerzos en incrementar el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía para la generación de electricidad, con el fin de alcanzar en el mediano plazo un futuro bajo en carbono y garantizar a la vez el suministro energético de la población. Este es un compromiso que deben asumir los Gobiernos y empresas de países

²⁷ Los grupos de trabajo y sus contribuciones programadas para su publicación entre 2013-2014 son: Grupo de Trabajo 1: La ciencia del Cambio Climático; Grupo de Trabajo 2: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad; Grupo de Trabajo 3: Mitigación y Cambio Climático; y finalmente el Grupo Especial en Inventarios de Emisiones.

desarrollados, así como los países en vías de desarrollo. Ya que tendría que enfocarse diversas soluciones conjuntas y multifactoriales.

Lo anterior, sin olvidar que las acciones globales en este campo deben partir del reconocimiento de los niveles de responsabilidad histórica de los distintos grupos de países con el cambio climático y sus consecuencias. Mientras los países industrializados (países más desarrollados) son los principales responsables de las concentraciones de GEI, sobre todo desde una perspectiva histórica (IPCC, 2013: 50); los países subdesarrollados son los más vulnerables, en particular los pequeños estados insulares y los llamados Países Menos Adelantados (PMA) (IPCC, 2014: 117 y 138).

En este sentido, es que se plantea que el futuro de las energías renovables es viable y prometedora, pero sobre todo necesaria en la diversificación de las matrices energéticas de todos los países (tanto los desarrollados como los menos desarrollados). Según SRREN-IPCC (2011), las energías renovables tienen un “enorme potencial mitigante de las emisiones GEI”. Actualmente se reconoce que países europeos así como los Estados Unidos de Norteamérica han mantenido y/o incrementado sus inversiones en el aprovechamiento de las energías renovables (esto a pesar de la fuerte crisis financiera mundial iniciada en el 2008). En este punto es necesario destacar que otros países en vías de desarrollo como la India y China han logrado posicionarse a la par, y en ocasiones superar, a los históricos países líderes que han explorado y explotado las fuentes de energía renovables con las que cuentan. El sector privado y las empresas energéticas de diferentes países no se han mantenido precisamente al margen, ya que muchas de ellas han logrado consolidarse como importantes empresas en el mercado mundial (hay que destacar que muchas de ellas han sido apoyadas con estímulos que los Gobiernos han ofrecido, principalmente mediante subsidios y otros fondos de estímulos como precios preferenciales a la generación de dichos energéticos).

Pero a todo esto, ¿Que se entiende por energías renovables? Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Es decir, son fuentes de abastecimiento que respetan el medio ambiente. Lo que no significa que no ocasionen efectos negativos sobre el entorno, ya que si tienen efectos directos al medio ambiente (como todo tipo de energía), pero éstos son infinitamente menores en comparación con los impactos ambientales

generados por la utilización de fuentes de energías convencionales (combustibles fósiles: petróleo, gas y carbón; energía nuclear, etc.) y además de que las energías renovables, son casi siempre reversibles y se encuentran presentes en diferentes grados y calidades alrededor del Mundo.

Las fuentes de energías renovables se clasifican de la siguiente manera:

- Bioenergía
- Energía solar directa
- Energía geotérmica
- Energía hidráulica
- Energía oceánica
- Energía eólica

Como ventajas medioambientales importantes a partir del uso de energías renovables, se destaca la no emisión de gases contaminantes como los resultantes de la combustión de combustibles fósiles, responsables del calentamiento global del planeta (CO₂) y de la lluvia ácida (SO₂ y NO_x) y la no generación de residuos peligrosos de difícil tratamiento y que suponen durante generaciones una amenaza para el medio ambiente como los residuos radiactivos relacionados con el uso de la energía nuclear.

Otras ventajas a señalar de las energías renovables son su contribución al equilibrio territorial, ya que pueden instalarse en zonas rurales y aisladas, y a la disminución de la dependencia de suministros externos, ya que las energías renovables son autóctonas²⁸, mientras que los combustibles fósiles sólo se encuentran en un número limitado de países (lo que pone en riesgo la seguridad energética de muchos países por la dependencia hacia los países que poseen el energético o ante una eminente escases de estos).

Hay que puntualizar que si bien las energías renovables son una alternativa central no es la única, sin embargo es necesario subrayar que las diferentes estrategias y alternativas para hacer frente al cambio climático, deben considerar además, la inercia de los sistemas climático, ecológico y socioeconómico, así como el carácter irreversible de las interacciones entre estos, lo que refuerza la importancia de acciones preventivas (principio de precaución) en materia de adaptación y mitigación. Ya que mientras mayor y más rápida sea la reducción de emisiones, menor y más lento sería el calentamiento

²⁸ Es decir que se generan o se encuentran en el mismo lugar (zona o región).

proyectado y en donde la explotación/exploración de las energías renovables podrían tener un papel preponderante con beneficios tanto en la esfera social, económica y por supuesto ambiental.

2.2.1 La situación de las energías renovables en el contexto global

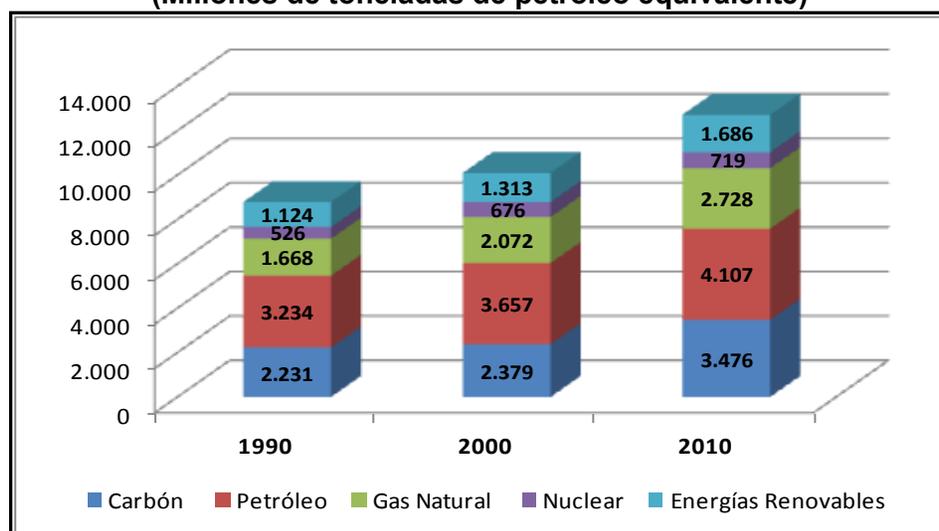
Es bien conocido que el sector energético es una condición necesaria para el crecimiento económico de los países, debido a la estrecha relación que existe entre el crecimiento del producto interno bruto (PIB) y la demanda de energía de cada país. El incremento en el nivel de vida de la población, ha generado un aumento persistente de la demanda energética mundial. La naturaleza finita de los recursos ha obligado a buscar una mayor eficiencia en la producción y en el uso de la energía; así como a desarrollar el potencial del uso de fuentes de energía no fósiles. Bajo este contexto, el uso de las energías renovables se presenta como un elemento que contribuye a aumentar la seguridad energética de los países, al diversificar sus matrices energéticas ante la expectativa del encarecimiento y la volatilidad de las fuentes convencionales de energía (SENER, 2012).

Las energías renovables actualmente son un tema prioritario en las agendas energéticas, tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo, gracias a sus efectos positivos en las esferas: ambiental, económica y social. Dentro de los principales beneficios en la explotación de fuentes de energías renovables, además de los benéficos ambientales antes mencionados, por la reducción de GEI, podemos encontrar: el impulso a actividades de I+D en nuevas tecnologías (y por lo tanto, su comercialización); la creación de nuevos empleos; la conservación de recursos energéticos no renovables; la reducción de la dependencia a fuentes de energía de origen fósil (los cuales en muchos países son importados en un 100%); el aprovechamiento energético de recursos locales; el acceso al servicio eléctrico en lugares donde no se cuenta con el mismo; entre otros más.

Según la Secretaria de Energía (SENER, 2012), la oferta mundial de energía de las últimas tres décadas se ha ido incrementado considerablemente, ya que en la década de 1990 se contaba con una cifra estimada de 8,786 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtpe) y para la década de 2000 se contaba con una oferta de 10,097 Mtpe, en tanto que para la década de 2010 se contaba con una oferta de 12,716 Mtpe. De esta última oferta total de energía primaria (OTEP) en el Mundo, se estima que un 13% (1,685

Mtpe) provino de fuentes renovables de energía. La contribución de otras fuentes de energía fue de 32% para petróleo (4,107 Mtpe), 27% para carbón (3,476 Mtpe), 21 % para gas natural (2,728 Mtpe) y 5.7% para energía nuclear (719 Mtpe), los volúmenes de la OTEP para las tres últimas décadas se presentan en la Figura 8.

**Figura 8: Distribución de la oferta mundial de energía, 1990-2010
(Millones de toneladas de petróleo equivalente)**



Fuente: SENER (2012), quien se basa en IEA, (2012), *World Energy Balances*.

Las energías renovables crecieron a una tasa promedio anual de 2.9% de 1990 a 2010, y contribuyeron con 19.4% de la generación de energía eléctrica mundial. El proceso de transición hacia una mayor participación de las energías renovables en el Mundo ha sido impulsado por una serie de elementos, entre los cuales se destacan las preocupaciones de soberanía y de seguridad en el abasto de energía en países importadores; la alta volatilidad de los precios de los combustibles de origen fósil; las preocupaciones por los impactos ambientales de los sistemas energéticos, en particular el cambio climático; y la reducción en el precio de las tecnologías renovables como resultado del desarrollo tecnológico de los últimos años.

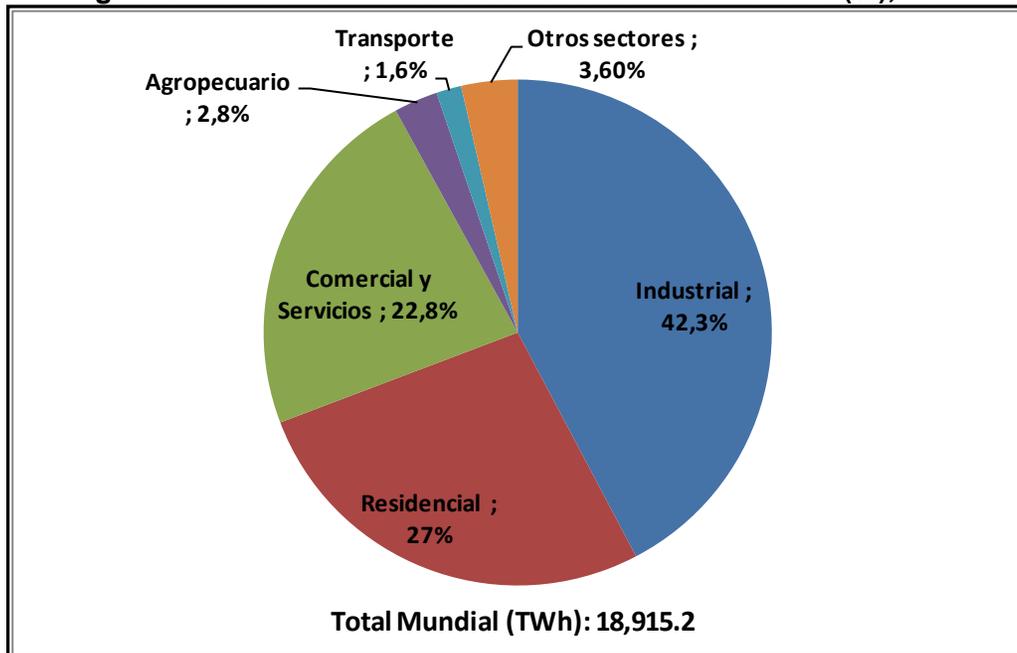
Desde hace un par de décadas, este proceso de transición se ha acelerado en varios países del Mundo, debido a importantes inversiones en la explotación y uso de las energías renovables, como el caso de países como: Alemania, España, Dinamarca,

Estados Unidos de Norteamérica, Brasil, India y China.

2.2.2 Sector eléctrico mundial y las energías renovables

A Nivel mundial, el consumo de electricidad ha aumentado constantemente en los últimos años, creciendo a tasas más bajas en países avanzados y más altas en países emergentes. En las economías desarrolladas se han dado en los últimos años fuertes incentivos por la eficiencia energética lograda principalmente con tecnologías de punta. En tanto que en los países emergentes, dicho proceso de eficiencia energética se ha dado de manera más lenta, además de que su demanda energética sigue creciendo, esto ya que a medida que los países se industrializan consumen mayores cantidades de electricidad. Por ello, los incrementos de la demanda se encuentran asociados a aquellos países cuyo crecimiento económico es más dinámico. Según la informe de la SENER (2014b) sobre la “Prospectiva del Sector Eléctrico 2014-2028”, en el año 2012 el consumo final de electricidad fue de 18,915 Tera watts-hora (TWh) a nivel mundial, donde los sectores con mayor consumo fue la industria con 42.3% del total, seguido del residencial con 27.0% y finalmente el sector comercial y de servicios tuvieron una participación de 22.8% (ver Figura 9).

Figura 9: Consumo final de electricidad a nivel mundial (%), 2012

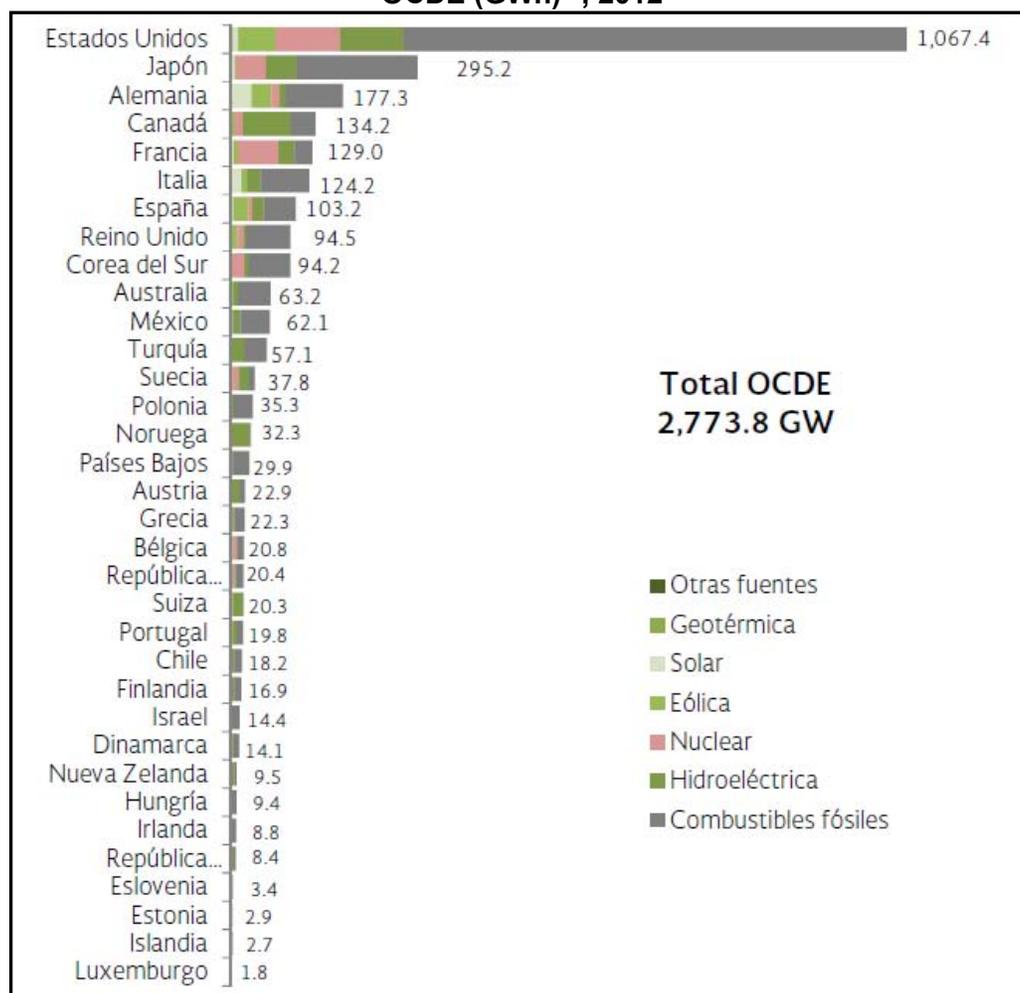


Fuente: SENER (2014b).

El aumento en la participación del consumo eléctrico mundial por parte del sector industrial obedece al crecimiento económico de los países emergentes, como son los del bloque Asiático (principalmente China e India), cuyas economías han crecido rápidamente tanto en la industria manufacturera como en el aumento de la urbanización lo cual implica una mayor demanda energética (particularmente de energía eléctrica y transporte).

La creciente demanda energética ha requerido una mayor infraestructura de generación. Según la SENER (2014b: 37) “la capacidad instalada para la generación de electricidad del total de países miembros de la OCDE, se ubicó en 2,773.8 giga watts (GW) en 2012, 2.2% mayor en comparación con 2011. Estados Unidos de Norteamérica, Japón y Alemania ocupan las primeras posiciones dentro del total de este bloque de países, como se observa a continuación en la Figura 10. Por su parte, Canadá y México se encuentran en la cuarta y onceava posición respectivamente”.

Figura 10: Capacidad de generación de energía eléctrica en países miembros de la OCDE (GWh)²⁹, 2012



Fuente: SENER (2014b).

Estados Unidos de Norteamérica es el país con mayor capacidad instalada a nivel mundial con un total de 1,067.4 giga watts-hora (GWh) en el 2012, de ahí el 74.3% corresponde a combustibles de origen fósil, mientras que las fuentes limpias se destaca la participación de la energía nuclear y la hidroeléctrica con 9.5% de la capacidad total instalada. Para el caso de Canadá, sus condiciones geográficas favorecen la inversión de energías renovables, ya que el 56.3% del total de capacidad corresponde a centrales hidroeléctricas, cifra mayor al 29% de la participación de los combustibles fósiles. En tanto que México, pese a su fuerte dependencia a los combustibles fósiles, cuya participación dentro de la capacidad instalada en 2012 representó el 79.8%, por tal

²⁹ Incluye generación centralizada y autogeneración de energía eléctrica.

motivo, se busca un mayor fomentado a la inclusión de las energías renovables. En cuanto a la capacidad de fuentes limpias, la mayor participación corresponde a la energía hidroeléctrica con 11.7 GW, 18.7% del total (SENER, 2014b).

En los últimos años, se ha impulsado de manera importante la diversificación de la matriz energética en el Mundo, lo cual ha derivado además en garantizar un mayor nivel de seguridad energética con beneficios importantes para el medio ambiente. La nueva capacidad de generación ha derivado tanto en la sustitución y modernización de nuevas plantas como en la construcción de plantas con base en las diversas energías limpias y renovables (principalmente eólica y solar).

Es una realidad que la forma en que se genera energía eléctrica en el Mundo en la actualidad está cambiando, al buscar nuevas alternativas como es el caso de las energías renovables, con lo cual diversos países buscan reducir su dependencia hacia los combustibles de origen fósil, ya que este tipo de energías con el paso del tiempo han logrado demostrar su rentabilidad y confiabilidad en comparación con diversas tecnologías ya maduras y con mayores impactos negativos al medio ambiente.

Según el Informe de la SENER (2014a: 22), sobre la Prospectiva de Energías Renovables 2014-2028, “en 2012 los países con la mayor participación de generación de electricidad mediante fuentes renovables de energía fueron China, Estados Unidos de Norteamérica, Brasil y Canadá”, donde la suma de la generación de dichos países represento un 49.2% de la generación mundial en base a fuentes renovables de energía. En el cuadro 7 se presentan los datos de generación eléctrica mediante fuentes renovables para diez economías seleccionadas, en donde se encuentra México y los demás miembros de la OCDE.

Cuadro 7: Generación eléctrica mediante fuentes renovables para economías seleccionadas (GW), 2012

País/Región	Generación con renovables (GWh)	Generación Total (GWh)	Participación de renovables a nivel nacional	Contribución a la generación renovable global
China	1,008,293	4,994,072	16.9%	20.88%
Estados Unidos	532,485	4,290,547	12.7%	11.03%
Brasil	455,629	552,469	87.1%	9.44%
Canadá	381,293	634,449	62.3%	7.9%
Japón	131,281	1,034,305	12.9%	2.72%
Alemania	149,552	629,812	20.5%	3.10%
España	90,579	297,559	30.4%	1.88%
México	44,176	293,862	15.9%	0.91%
Chile	25,574	69,751	39.6%	0.53%
Corea	10,776	534,618	2.0%	0.22%
Total OCDE	2,237,350	10,848,843	19.6%	46.34%
Mundo	4,828,485	27,752,217	20.3%	100%

Fuente: SENER (2014a), quien se basa en IEA-World Energy Statistics 2014.

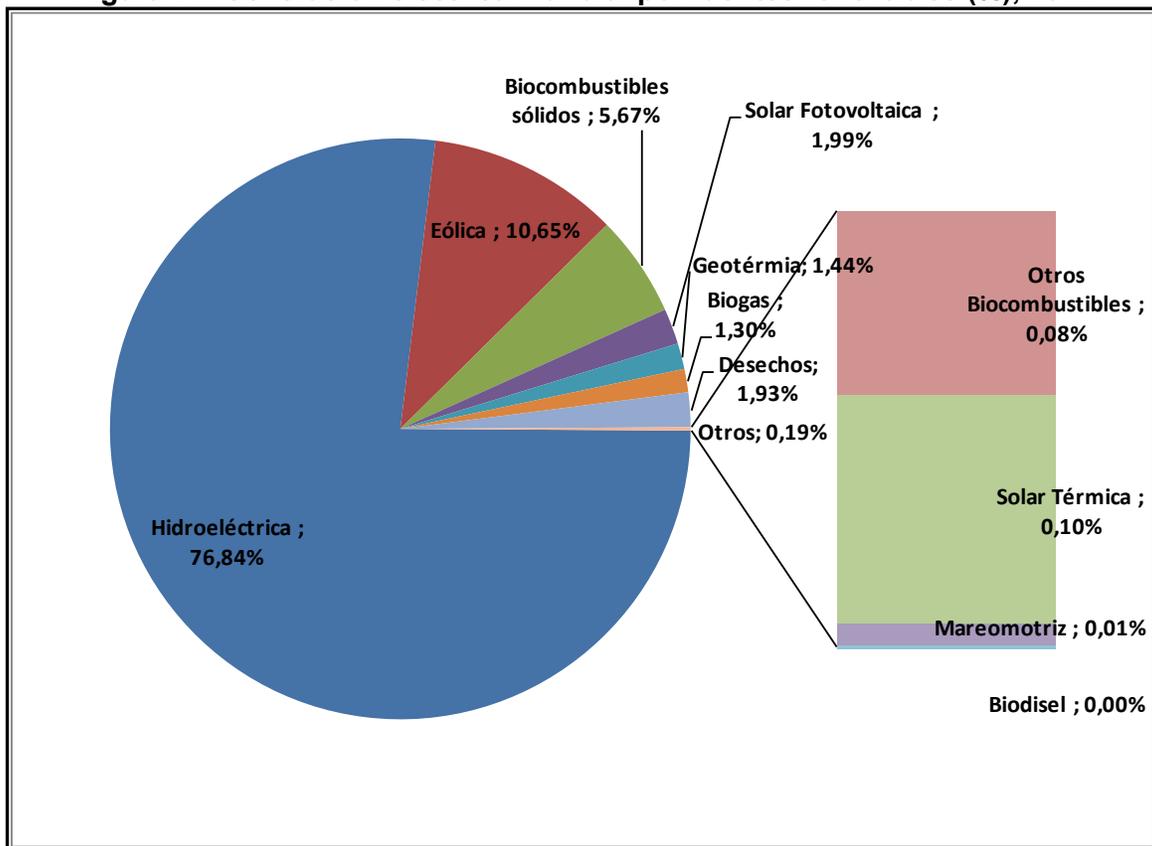
Hay que destacar que las matrices energéticas de los países presentados en el Cuadro anterior son considerablemente diferentes, puntualizando que en las económicas con un consumo energético alto como China y Estados Unidos de Norteamérica, las energías renovables no rebasan el 20% de su generación, total en tanto que Brasil supera el 80%. En el caso de México y otros países como Japón y Corea tampoco llegan al 20%, sin embargo países como Alemania, Canadá, España y Chile cuentan con una buena participación entre el 20 y 60% en la generación de energía eléctrica con fuentes renovables de energía.

Como se puede observar a nivel mundial la energía renovable representa poco más del 20% de toda la electricidad generada en el Mundo. Algo central es que en los últimos años se han logrado desarrollar mecanismos de cooperación internacional que permitirán la integración de un mayor nivel de fuentes renovables de energía para la generación de energía eléctrica.

La generación de energía eléctrica mediante la energía solar y eólica, ha cobrado en los últimos años un papel relevante ya que existen diversos proyectos en todo el Mundo que buscan un mayor aprovechamiento de estas fuentes de energía para la generación de energía eléctrica y que toman ventaja del desarrollo tecnológico que han tenido en los últimos años. Para el 2012, la generación mediante este tipo de fuentes representó un 10.6% del total, liderando Estados Unidos de Norteamérica, país que ese año generó 152

TWh a partir de las fuentes eólicas-solares, rebasando a China que registró 102.3 TWh de generación. En tanto México ha apostado fuertemente a este tipo de fuentes primarias, ya que ha logrado encontrar los elementos necesarios para su aprovechamiento, participando con el 0.6% del total de generación mundial de energía solar y eólica (SENER, 2014b), véase Figura 11.

Figura 11: Generación eléctrica mundial por fuentes renovables (%), 2012



Fuente: SENER (2014b) quien se basa en *Renewables Information, IEA Statistics*.

Hay que destacar en lo que se refiere a las fuentes renovables, principalmente las tecnologías eólica y solar, han dependido en gran medida del apoyo político y económico de los Gobiernos. Sin embargo, para que dichas fuentes de energía se sigan aprovechando cada vez más se requiere de una mayor planeación que permita a los sistemas eléctricos actuales integrar las características propias de este tipo de tecnologías, como la intermitencia, ampliación de redes de transmisión, entre otras, ya

que de otra manera puede incrementarse el costo total de generación del sistema eléctrico debido al respaldo necesario para garantizar la continuidad del suministro. Algunos países han logrado incrementar la participación de las fuentes renovables sin incurrir en altos costos financieros para su apoyo, como es el caso de Alemania y Dinamarca, donde la penetración de estas tecnologías ha sido alta y juega un papel muy importante dentro de sus matrices energéticas (SENER, 2014b).

2.2.3 Tendencias del sector de energías renovables a nivel mundial

A nivel global el crecimiento poblacional y el incremento en los niveles de producción ha permitido identificar y ubicar la tendencia de la demanda mundial de energía dada la estrecha relación que existe entre estas variables. Las crecientes diferencias en la evolución de las economías mundiales han ocasionado que la demanda energética sea ligeramente menor que la de otros años, además de que el consumo energético se está adecuando al Mundo cambiante (siendo en parte motor del cambio). Lo anterior es consecuencia de que las tendencias a largo plazo del mercado las cuales están sujetas a las políticas y al constante cambio de las economías en desarrollo, es decir, a medida en que los países se industrializan su crecimiento de consumo aumenta (SENER, 2014b).

Sin embargo, en el Mundo se ha ido generando una mayor apertura a la diversificación de la matriz energética, con ello se han dado cambios en los requerimientos de combustibles necesarios para satisfacer la demanda creciente del sector eléctrico, y en donde las diferentes energías renovables han logrado posicionarse cada vez más. Por ejemplo, según PROMEXICO (2014), al finalizar el 2013 la capacidad total instalada para la generación de energía eléctrica con fuentes de energías renovables alcanzó un total de 1,560 GW, de los cuales el 64% fue aportado por centrales de energía hidráulica y el 20% por parques eólicos.

De esta manera es que según el informe de PROMEXICO (2014), la energía eléctrica generada a partir de las energías renovables representó aproximadamente un 26% de la generación total de energía eléctrica global al concluir el 2013 (5,898.3 GW). Algunos de los factores que han impulsado al sector de energías renovables, particularmente la energía eólica y solar, han sido el avance tecnológico, la paulatina disminución de costos en las tecnologías, la promoción e impulso por parte de los Gobiernos hacia este tipo de energías, entre otros factores. La capacidad instalada por fuentes renovables de energía

para la generación de energía eléctrica se puede ver en el Cuadro 8.

Cuadro 8: Capacidad instalada para la generación de electricidad en el Mundo, 2013

Fuente de energía	Capacidad instalada (GW)	Crecimiento 2012-2013
Hidráulica	1,000	4%
Eólica	318	12.2%
Biomasa	88	6%
Solar fotovoltaica	139	39%
Geotérmica	12	4%
Solar de alta concentración	3.4	36%
Mareomotriz	0.5	0%
Total	1,560.9	8%

Fuente: PROMEXICO (2014), quien se basa en *Renewables Global Status Report*, REN21 2014 (RGSR, 2014).

Para 2035, se pronostica que la capacidad instalada para la generación de electricidad con fuentes renovables alcance 3,769 GW, lo que representaría el 40% del total del sistema eléctrico mundial, en donde cabe destacar que las principales fuentes serían la energía hidráulica y la eólica. Dicha evolución prospectiva de las fuentes renovables de energía para la generación de energía eléctrica se presenta en el Cuadro 9.

Cuadro 9: Capacidad instalada para la generación de electricidad en el Mundo con fuentes renovables de energía (GW), 2014-2035

Fuente de energía	2014	2015	2020	2025	2030	2035	TMCA 2014-2035
Hidráulica	1,000	1,184	1,348	1,467	1,583	1,684	2.5%
Eólica	318	390	586	760	924	1,098	6.1%
Solar fotovoltaica	139	153	266	378	491	602	7.2%
Bioenergía	88	98	135	170	208	252	5.1%
Solar de alta concentración	3	6	14	24	40	72	16.3%
Geotérmica	12	14	20	29	38	46	6.6%
Mareomotriz	0.5	1	1	3	7	15	17.6%
Total global con energías renovables	1,560.9	1,846	2,370	2,831	3,291	3,769	4.3%
Total global de capacidad instalada para la generación de electricidad	5,898	6,347	7,162	7,861	8,588	9,345	2.2%

Fuente: PROMEXICO (2014), quien se basa en RGSR, 2014 y *World Energy Outlook 2012*, AIE (WEO, 2012).

Para los próximos años se estima que la participación de las energías renovables para la generación de energía eléctrica siga creciendo en todo el Mundo. Según PROMEXICO (2014), en 2010, el 20% de la generación de electricidad provino de fuentes renovables y se estima que para el 2035 esta participación sea de por lo menos el 48%. En el Cuadro 10, se presenta el crecimiento esperado por fuente de energía renovable así como el tipo de uso.

Cuadro 10: Proyección en la participación de las fuentes renovables por tipo de uso (TWh), 2020 y 2035

Energía	2010	2020	2035
Generación de electricidad	4,206	7,443	15,293
Bioenergía	331	750	2,033
Hidráulica	3,431	4,658	6,263
Eólica	342	1,442	4,281
Geotérmica	68	150	449
Solar fotovoltaica	32	376	1,371
Solar de alta concentración	2	51	815
Mareomotriz	1	6	82
Participación en la generación total	20%	28%	48%
Demanda de calor (Mtoe ³⁰)	337	461	715
Industria	207	263	345
Edificios y agricultura	131	198	370
Participación en la generación total	10%	13%	19%
Biocombustibles (mboe/d)	1.3	2.8	8.2
Transporte terrestre	1.3	2.8	6.8
Aviación	-	-	0.8
Otras	-	-	0.6
Participación en el transporte total	2%	5%	14%

Fuente: PROMEXICO (2014), quien se basa en AIE, WEO (2012).

En el análisis por país destaca Brasil, China y Rusia como los principales países que generan más electricidad a partir de fuentes renovables de energía. Tan sólo en el caso brasileño, en 2010 el 85% de su electricidad provino de este tipo de fuentes; y como ya se mencionó anteriormente se prevé que en el Mundo la participación de las energías renovables en la generación de energía eléctrica pase del 20% en 2010 a 31% en 2035. La participación de los principales países en la generación de energías renovables para la generación de energía eléctrica y la proyección de crecimiento estimada al 2035 se presenta en el Cuadro 11.

³⁰ Megatonelada equivalente de petróleo.

Cuadro 11: Principales países con participación de fuentes renovables para la generación de energía eléctrica (%), 2010 y 2035

País	2010	3035
Brasil	85%	79%
China	18%	27%
Rusia	16%	21%
India	14%	25%
Estados Unidos	10%	23%
Japón	10%	27%
Mundo	20%	31%

Fuente: *Ibidem*.

Según PROMEXICO (2014), en 2013, los países con mayor capacidad instalada para el aprovechamiento de las energías renovables fueron China, con un 24%, seguido de Estados Unidos de Norteamérica con el 11% y Brasil con el 6%. Asimismo, la generación de energía eléctrica con fuentes renovables fue liderada por los mismos países (ver Cuadro 12).

Cuadro 12: Países con mayor capacidad instalada en energías renovables al 2013

País	Capacidad instalada ³¹ GW	Generación TWh
China	378	801
Estados Unidos	172	508
Brasil	101	459
Alemania	84	139
India	71	160
España	49	83
Italia	49	97
Mundo	1,560	4,402

Fuente: PROMEXICO (2014), quien se basa en RGSR, 2014.

Según las proyecciones, en el corto y mediano plazo, se espera que el sector de energías renovables siga creciendo de manera sostenida en los próximos años en todo el Mundo, especialmente en la industria de equipos solares y eólicos, considerando que esta tecnologías han mostrado mayor dinamismo en sus inversiones para actividades de I+D, así como por la disminución paulatina de sus costos. En el Cuadro 13 se presentan las principales empresas que mayores inversiones han realizado en actividades de I+D para

³¹ Incluye energía hidráulica

la explotación de energías renovables en el Mundo.

Cuadro 13: Principales empresas con inversión en I+D en Energías Renovables en el Mundo, 2011

Empresa	País	Inversión 2011 (MDD)	Crecimiento 2009-2010
Vestas Wind Systems	Dinamarca	506	10%
First Solar	Estados Unidos	140	48%
SMA Solar Technology	Alemania	129	41%
Nordex	Alemania	75	83%
LM Wind Power	Dinamarca	63	43%
Centrotherm Photovoltaics	Alemania	61	12%
Renewable Energy	Noruega	48	0%
Q-Cells	Alemania	43	24%

Fuente: PROMEXICO (2014), quien se basa en *Economics of Industrial Research Innovation (IRI)*.

Las principales empresas manufactureras, desarrolladoras y propietarias de centrales de producción de electricidad mediante fuentes de energías renovables y biocombustibles se localizan principalmente en Estados Unidos de Norteamérica, China, España, Alemania, entre otros. En donde cabe destacar que China, en muy poco tiempo ha logrado posicionarse en un nivel preponderante dentro del mercado mundial. Las empresas y país de origen de las principales empresas generadoras de energía eléctrica para el año 2013 se presentan en el Cuadro 14.

Cuadro 14: Principales empresas de generación de electricidad con energías renovables, 2013

Empresa	País	\$ Ventas (MDD)	No. de Empleados
E.ON	Alemania	168,565	62,239
Enel	Italia	106,353	71,394
Electricité de France (EDF)	Francia	104,063	158,467
Tokyo Electric Power Company	Japón	64,497	45,744
Iberdrola	España	45,163	30,678
Vattenfall	Suecia	26,491	1,500
Energías de Portugal SA (EDP)	Portugal	22,752	12,179
Edison	Italia	17,965	1,542
American Electric Power Company	Estados Unidos	15,357	18,179
Nextera Energy	Estados Unidos	15,136	13,400
CLP Holdings Limited	Hong Kong	13,484	6,968
Alpid Holding	Suiza	10,729	N/D
Abengoa	España	10,127	26,818
Acciona	España	9,095	265
China Huaneng Group	China	N/D	N/D
China Guodian Corporation	China	N/D	N/D
China Datang Corporation	China	N/D	N/D

Fuente: PROMEXICO (2014), quien se basa en RGSR, 2014 / Hoovers.

Después de este panorama global sobre las energías renovables en el Mundo, en el siguiente apartado se aborda el tema del papel de las energías renovables en el caso particular de México.

2.3 *El sector eléctrico y las energías renovables en México*

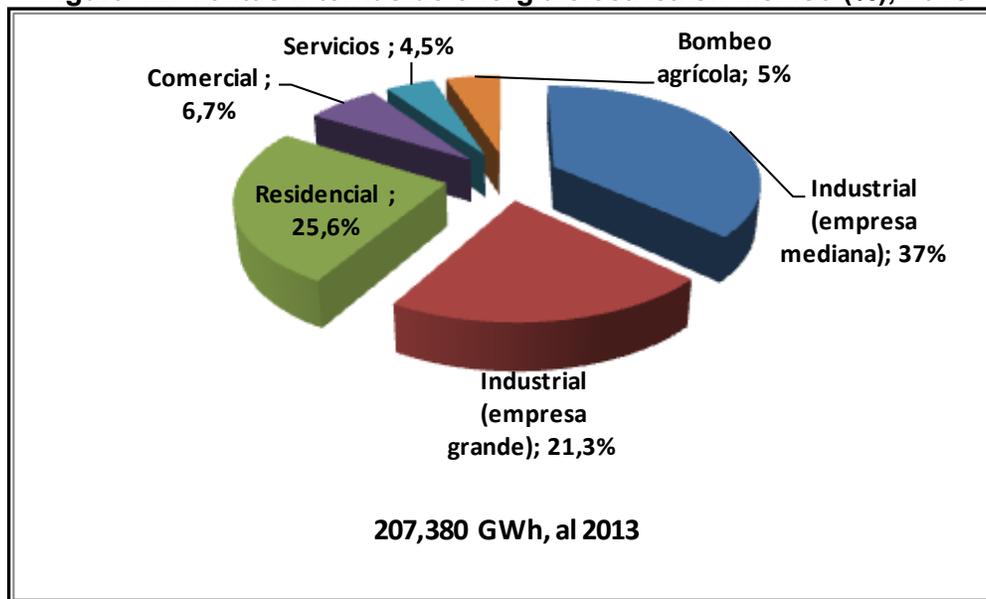
El sector eléctrico en México, al igual que en todo el Mundo, es un componente estratégico en el desarrollo de la economía, pero el reto es poder garantizar en el mediano y largo plazo el abastecimiento de energía eléctrica, y más aún alcanzar una mayor cobertura del servicio en aquellas regiones en donde hasta el día de hoy no se cuenta con el servicio o es deficiente. En este sentido, las energías renovables juegan un papel preponderante para poder alcanzar tales objetivos, garantizando además un mayor nivel de seguridad energética y mayores beneficios ambientales.

No se puede negar, el papel central que juega el sector eléctrico dentro de bienestar de la sociedad y sobre todo de una buena dinámica económica. Tal como se plantea la SENER (2014b), existe una relación muy estrecha entre el comportamiento de la

economía mexicana y el consumo de electricidad; ejemplo de ello es que, con la recesión económica del 2009, disminuyeron drásticamente los niveles de consumo. En 2010 hubo una mejoría económica, con lo que se impulsó el nivel del consumo eléctrico, pero en 2011, pese a una ligera recuperación, la variación anual en el crecimiento del PIB fue menor, siendo la misma para 2012 y 2013, con lo cual, los efectos de la economía mundial volvieron a impactar negativamente en el crecimiento esperado.

Según la SENER (2014b), para el año 2013, el sector que registró el mayor consumo de energía eléctrica con el 58% del total, es decir 120,892 GWh. Dicho sector presenta dos características muy particulares que resaltan de su participación en la demanda de electricidad: el alto consumo y la amplitud en los horarios de demanda. La empresa mediana tubo la mayor concentración con el 37% equivalente a 76,772 GWh, mientras que la gran industria el 21.3%. Esta última tuvo un decremento de cinco puntos porcentuales a comparación del año 2012 (ver Figura 12).

Figura 12: Ventas internas de energía eléctrica en México (%), 2013



Fuente: SENER (2014b) quien se basa en datos de la CFE.

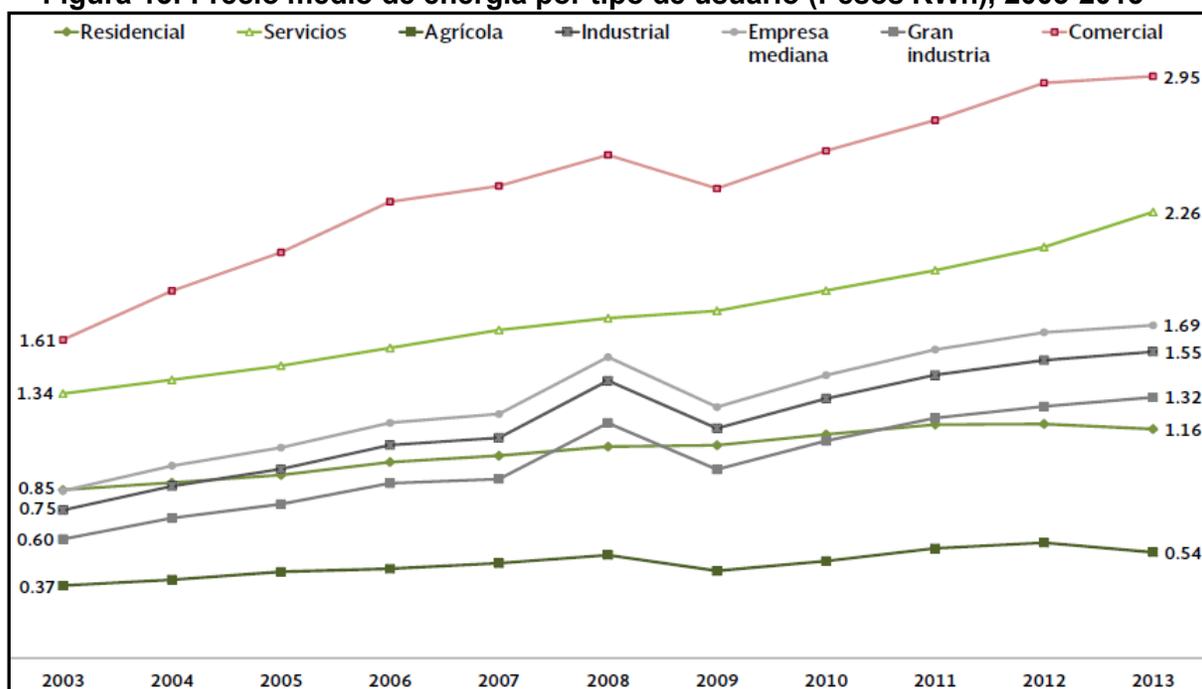
El segundo lugar en el nivel de ventas correspondió al sector residencial, con 25.6% del total nacional, sus ventas equivalen a 53,094 GWh, 323 GWh más que en 2012. Este

aumento está vinculado con el compromiso de una mayor cobertura del servicio, la regulación y la reducción de pérdidas de energía. Para el sector comercial, las ventas registradas fueron de 13,826 GWh y para el sector servicios fue de 9,285 GWh. El restante correspondió al bombeo agrícola con el 5% del total de las ventas facturadas por la CFE.

Hay que destacar que entre las principales problemáticas a la que se ha enfrentado el sector eléctrico mexicano durante los últimos años es de origen económico, debido a la falta de competencia en la generación de electricidad, lo cual ha encarecido los costos y provocado, a su vez, la existencia de tarifas que no resultan competitivas a nivel internacional, si se les compara, principalmente con las existentes con nuestro principal socio comercial, los Estados Unidos de Norteamérica.

Según la SENER (2014b), las tarifas de electricidad han tenido variaciones de precios debido a las constantes fluctuaciones en la inflación. El comportamiento de las tarifas en los distintos sectores se ha mantenido con la misma tendencia, especialmente en aquellos sectores donde se otorgan subsidios. En el año 2008 se dio un incremento en la tarifa de los rubros del sector industrial, mientras que los demás tendieron a la baja como en los casos del sector comercial y agrícola, efecto de los incentivos del Gobierno para apoyar dichos sectores. Al igual que en 2012, las tarifas más altas corresponden al sector comercial y de servicios, con 2.95 y 2.26 pesos por kilowatt-hora respectivamente (véase Figura 13).

Figura 13: Precio medio de energía por tipo de usuario (Pesos KWh), 2003-2013



Fuente: SENER (2014b) quien se basa en información del SIE.

Ante el compromiso de apoyar a los sectores comercial e industrial, cuyas tarifas de energía eléctrica varían en función del costo de los combustibles, el 30 de abril de 2013 se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el “Acuerdo por el que se autoriza modificar las disposiciones complementarias a las tarifas para suministro y venta de energía eléctrica”. Mediante este acuerdo, se propuso efectuar un ajuste de los ponderadores que representan la participación de los distintos combustibles en la canasta de generación de la CFE, con lo que se deberán tener tarifas más bajas y principalmente para aquellas fuentes de energía que provienen de fuentes renovables de energía (véase Cuadro 15).

Cuadro 15: Costos unitarios de generación de energía eléctrica en la CFE (pesos/MWh), 2013

Fuente de generación	(\$/MWh) al 2013
Termoeléctrica	1,442.5
Turbogas y ciclo combinado	937.3
Diesel	0.0
Vapor	2,349.3
Carboeléctrica y Dual	1,019.4
Geotermoeléctrica	591.7
Eoloeléctrica	1,458.1
Nuclear	839.5
Hidroeléctrica	1,046.1

Fuente: SENER (2014b), quien se basa en el 2º Informe de Labores 2013-2014, SENER.

Hay que destacar que el llamado Sistema Eléctrico Nacional (SEN) está conformado por el sector público, que se integra por la infraestructura de la CFE y los productores independientes de energía, y aquella energía no suministrada al servicio público (privados). La infraestructura del SEN³² se conforma de las siguientes fases:

- Generación
- Transformación y transmisión en alta tensión
- Distribución en media y baja tensión
- Ventas a usuarios finales

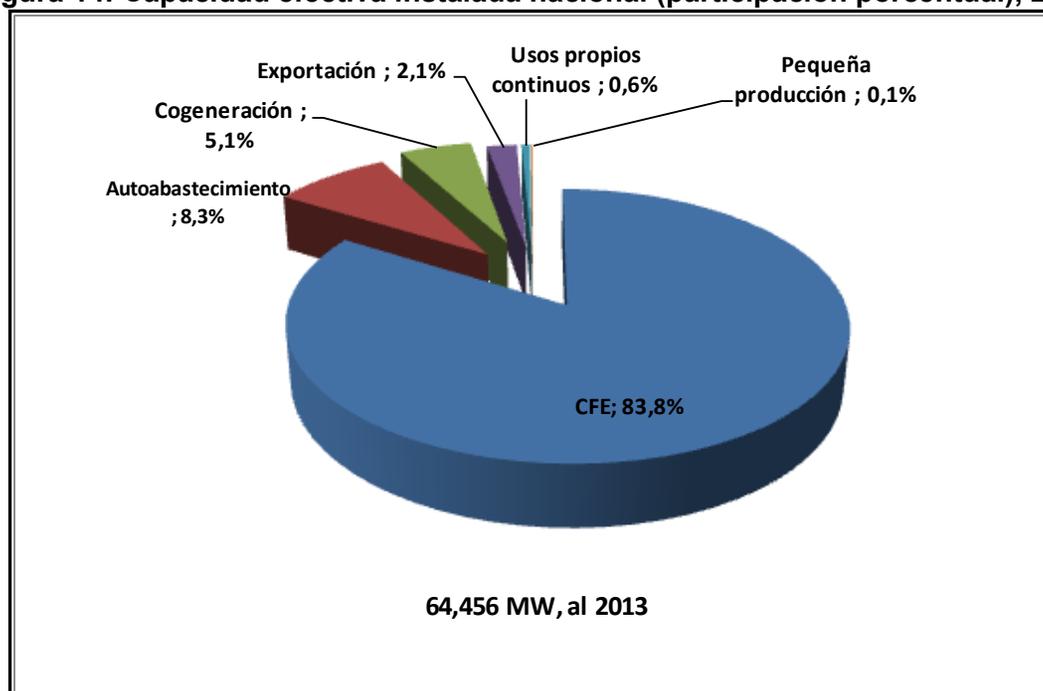
Al cierre de 2013, la capacidad instalada fue de 64,456.3 MW, 1.1% mayor que la registrada en el año anterior. El servicio público (centrales legadas³³ y externas legadas³⁴) tuvo una participación de 83.8% (54,034.9 MW). Los restantes 9,091.1 MW fueron a través de permisos y 1,330 MW para exportación (véase Figura 14).

³² El SEN se organiza en nueve regiones: Central, Oriente, Occidente, Noroeste, Norte, Noreste, Baja California, Baja California sur y Peninsular. La operación de estas nueve regiones está bajo la responsabilidad de ocho centros de control ubicados en las ciudades de México, Puebla, Guadalajara, Hermosillo, Gómez Palacio, Monterrey y Mérida; las dos regiones de Baja California se administran desde Mexicali.

³³ Son las centrales propiedad del Estado o cuya construcción y operación se hayan incluido en el presupuesto de egresos de la federación como inversión directa.

³⁴ Son las centrales pertenecientes a los Productores Independientes de Energía (PIE) y las centrales incluidas en el presupuesto federal como inversión condicionada. Hay que puntualizar que los permisos y contratos de PIEs, autoabastecimiento, cogeneración y pequeña producción podrán continuar rigiéndose por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (si así ellos lo determinan).

Figura 14: Capacidad efectiva instalada nacional (participación porcentual), 2013



Fuente: SENER (2014b) quien se basa en información de la CRE.

Mediante la nueva Reforma Energética, la cual se aborda en el siguiente punto, se busca fomentar la competencia en el segmento de generación y mayor aprovechamiento de sector de energías renovables, mediante mayor incentivos a la inversión en infraestructura de transmisión y distribución, mejorando así la calidad en el servicio y las opciones para el suministro de electricidad de los usuarios finales.

2.3.1 La Reforma Energética y el aprovechamiento de las energías renovables en México

El 20 de diciembre de 2013 fue Publicado en el DOF el Decreto por el cual se reformaron y adicionaron diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en Materia de Energía. Posteriormente, el 11 de agosto de 2014 fueron promulgadas las leyes secundarias en materia energética y el 31 de octubre del mismo año sus respectivos reglamentos. Con lo anterior, quedo implementado un nuevo régimen jurídico del sector energético nacional, para lo cual se expedieron nueve leyes y se reformaron otras doce (SENER, 2014a). Las legislaciones secundarias aplicables a la reforma energética se presentan en el Cuadro 16.

Cuadro 16: Legislaciones secundarias aplicables a la reforma energética de 2013

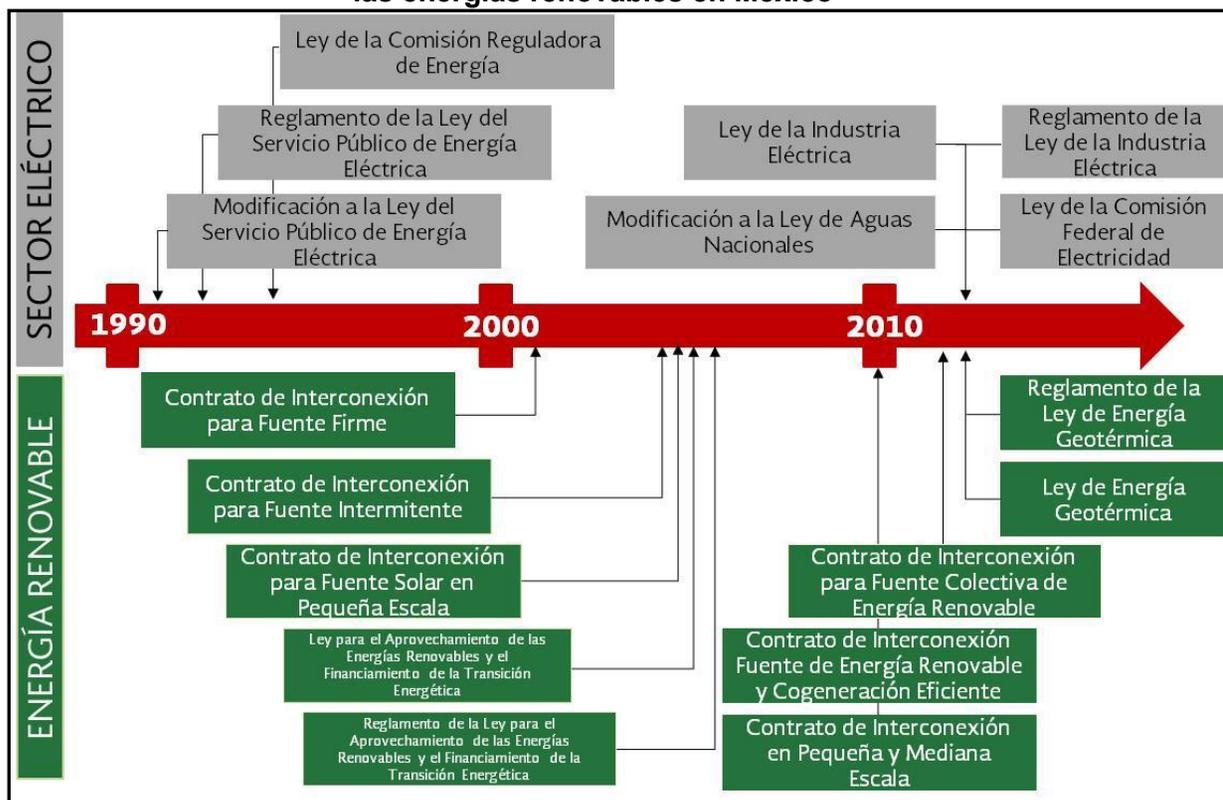
Sector hidrocarburos	Sector eléctrico
-Ley de Hidrocarburos (Nueva) -Ley Minera (Reformada) -Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (Nueva) -Ley de Petróleos Mexicanos (Nueva) -Ley de Ingresos sobre Hidrocarburos (Nueva)	-Ley de la Industria Eléctrica (Nueva) -Ley de Energía Geotérmica (Nueva) -Ley de Aguas Nacionales (Reformada) -Ley de la Comisión Federal de Electricidad (Nueva)
-Ley de Inversión Extranjera (Reformada) -Ley de Asociaciones Público Privadas (Reformada) -Ley Federal de las Entidades Paraestatales (Reformada) -Ley de Adquisiciones, Arrendamiento y Servicios del Sector Público (Reformada) -Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (Reformada) -Ley de Órganos Reguladores Coordinados en materia energética (Nueva) -Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (Reformada) -Ley Federal de Derechos (Reformada) -Ley de Coordinación Fiscal (Reformada) -Ley de Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo (Nueva) -Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria (Reformada) -Ley General de Deuda Pública (Reformada)	

Fuente: SENER (2014a).

En lo que respecta al sector eléctrico, según la SENER (2014a) con la Reforma Energética fue posible completar el proceso de apertura de este sector que inicio en 1992 con las enmiendas a la anterior Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, a la vez que se ha buscado dar continuidad al marco legal y regulatorio del país en cuanto al aprovechamiento de las energías renovables (Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética y Modelos de Contrato de Interconexión para Fuentes de Energía Renovable y Cogeneración Eficiente).

Con el nuevo esquema del mercado eléctrico, la SENER será la encargada de desarrollar los programas indicativos para la instalación y retiro de las Centrales Eléctricas, cuyos aspectos relevantes se incorporarán en el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional. Los programas de ampliación y modernización para la Red Nacional de Trasmisión y los elementos de las Redes Generales de Distribución que correspondan al Mercado Eléctrico Mayorista serán autorizados por la SENER a propuesta del Centro Nacional de Control de Energía, escuchando la opinión que, en su caso, emita la Comisión Reguladora de Energía (CRE). En la Figura 15, se presenta la evolución histórica del marco legal y regulatorio del sector eléctrico y para el aprovechamiento de las energías renovables en México.

Figura 15: Evolución histórica del marco legal y regulatorio del sector eléctrico y de las energías renovables en México



Fuente: SENER (2014a).

Con la Reforma Energética, se ha planteado que será posible un mayor desarrollo del mercado para las energías renovables en México, con lo cual se espera que tenga impacto directo sobre el cumplimiento de las metas a 2018 y 2024 debido a los siguientes elementos (SENER, 2014a):

- Apertura a la inversión y competencia;
- Perspectivas claras sobre las trayectorias de ampliación del mercado para energías renovables;
- Instrumentos avanzados de interacción con la autoridad y comunidades para la gestión social de los proyectos;
- Mecanismos de mercado para incentivar la inversión y
- Marco regulatorio favorable para la generación distribuida

De esta manera, se ha establecido que la CFE tenga la posibilidad de fortalecer su cartera de inversión en energías renovables, inclusive mediante la asociación con otras

empresas. Los sectores público y privado podrán aprovechar los recursos renovables del país. Siendo los principales instrumentos para el fomento a las energías renovables las obligaciones y certificados de energías limpias, las cuales permitirán generar condiciones de certidumbre que favorecen el desarrollo de instrumentos contractuales y de financiamiento para reducir los costos del capital en la inversión, además de ofrecer un incentivo económico directo a los desarrolladores por la energía generada.

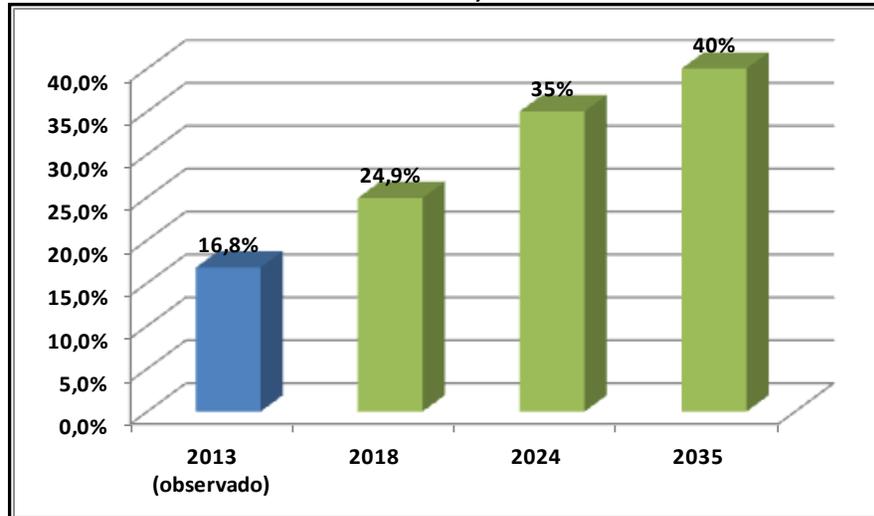
Al entrar en funcionamiento todas las disposiciones de la Reforma Energética, convivirán bajo el mismo régimen jurídico contratos asociados al anterior y al nuevo marco legal. Por un lado, los contratos de interconexión ya firmados o en proceso de trámite bajo la denominación de “contratos de interconexión legados” para los actuales permisos. Por el otro, los nuevos generadores o aquellos que decidan migrar al nuevo régimen, que participarán en el nuevo mercado eléctrico. Cabe señalar que quienes se encuentren en el antiguo régimen podrán cambiarse al nuevo y, si no lo consideran conveniente, podrán permanecer en el antiguo régimen (es decir con la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica de 1992).

Por otra parte, hay que destacar que con la Ley de la Industria Eléctrica se ha establecido que la SENER, será la encargada de implementar mecanismos que permitan cumplir la política en materia de diversificación de fuentes de energía, seguridad energética y la promoción para un mayor aprovechamiento de fuentes limpias. Por medio de los “Certificados de Energías Limpias”, las metas nacionales se convertirán en obligaciones individuales, en virtud de lo cual, los grandes consumidores de electricidad, así como los participantes en el mercado de electricidad (es decir los Suministradores) tendrán la obligación de adquirirlos en proporción a su consumo. De esta forma, los “Certificados de Energías Limpias” serán una fuente estable de ingresos para los Suministradores, ya que además los ingresos que podrán obtener por la venta de electricidad, podrán recibir un ingreso por los Certificados que vendan en el mercado (SENER 2014a).

La SENER establecerá las obligaciones a los Suministradores como una proporción de la energía eléctrica consumida por los usuarios y serán establecidas en el primer trimestre de cada año para los tres años posteriores a partir de la publicación de los requisitos, pudiéndose establecer requisitos para años posteriores a los tres años. Por su parte la CRE será la encargada de otorgar dichos Certificados, así como crear y mantener un registro, entre otra regulación aplicable. Con dichas reformas al sector eléctrico nacional

se espera que las energías renovables tengan una mayor participación en los próximos años, las metas nacionales en el contexto de la Reforma Energética de presenta en la Figura 16.

Figura 16: Metas nacionales de generación de energía limpia (% de la generación total)



Fuente: SENER (2014a).

Según la SENER (2014a), en materia de energías limpias, antes de finalizar el 2015, se espera se publiquen los lineamientos de los nuevos criterios para realizar las solicitudes de interconexión de proyectos de generación mediante energías limpias. Durante la primera mitad de 2015 se publicarán los Requisitos que deberán cumplir los proyectos de generación para que puedan ser considerados como energías limpias, además de la Ronda Cero de adjudicación de los recursos geotérmicos que sean de interés para la CFE. En tanto, hacia la segunda mitad de 2015 se habrá iniciado con el proceso de licitación de los recursos geotérmicos que no fueron de interés de la CFE, además de la subasta de proyectos de generación con este tipo de fuentes de energía para atender los requerimientos de los usuarios del Suministro Básico.

Otro elemento institucional de gran relevancia con el que se busca impulsar el aprovechamiento de las diversas fuentes de energía renovable con el que cuenta México es el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables 2014-2018

(PEAER), programa impulsado por la SENER, en cumplimiento de la ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) y que a su vez se encuentra alineado al Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND) y a las Estrategias Transversales que de éste derivan, y fue publicado en el mes de abril de 2014, como el instrumento de planeación rector de la política pública de México en materia de Energías Renovables. Los elementos fundamentales del PEAER son:

- Promover la participación social durante la planeación, aplicación y evaluación del Programa;
- Establecer objetivos y metas específicas para el aprovechamiento de energías renovables, así como definir las estrategias y acciones necesarias para alcanzarlas;
- Establecer metas de participación de las energías renovables en la generación de electricidad;
- Incluir la construcción de obras de infraestructura eléctrica necesaria para que los proyectos de energías renovables se puedan interconectar al Sistema Eléctrico Nacional;
- Asegurar la congruencia entre el programa y los otros instrumentos de planeación del sector energía;
- Definir estrategias para fomentar aquellos proyectos que a partir de fuentes renovables de energía provean energía eléctrica a comunidades rurales que no cuentan con este servicio, estén o no aislados de las redes eléctricas, y
- Definir estrategias para promover la realización de proyectos de generación de electricidad a partir de energías renovables, preferentemente para los propietarios o poseedores de los terrenos y los sujetos de derechos sobre los recursos naturales involucrados en dichos proyectos.

Finalmente hay que destacar la importancia que tiene el impulsar localmente el desarrollo tecnológico y la consolidación de cadenas de valor asociadas al aprovechamiento de las energías renovables, es así que se requiere que las actuales reformas realizadas en el país sean verdaderamente un detonador para el desarrollo tecnológico y generación de más y mejores empleos y por lo tanto, crecimiento económico asociado a la explotación de los amplios recursos energéticos renovables con los que cuenta México. Lo cual implica necesariamente de la construcción de capacidades tecnológicas locales en las

áreas prioritarias.

2.3.2 La situación de las energías renovables en México

Según SENER (2014a), durante el año 2013, la producción de energía primaria en México se constituyó principalmente de la participación de combustibles fósiles, los cuales representan más del 88%. En cuanto al carbón este representa en 3.5% de la generación total; energía nuclear equivale al 1.36% de la energía primaria producida, mientras que la contribución de la energía renovable ascendió al 7.11%, equivalente a 641.341 petajoules (PJ) lo que a su vez representó un incremento del 3.23% con respecto al año 2012. Ver en el Cuadro 17 la producción de energía primaria en México.

Cuadro 17: Producción de energía primaria en México (Petajoules), 2012-2013

Fuente de energía	2012	2013	Variación porcentual	Participación porcentual
Carbón	310.81	316.27	1.76%	3.50%
Fósil	8,035.66	7,945.54	-1.12%	88.03%
Petróleo crudo	5,918.86	5,798.74	-2.03%	64.25%
Condensados	87.69	101.20	15.40%	1.12%
Gas natural	2,029.11	2,045.61	0.81%	22.66%
Nucleoenergía	91.32	122.60	34.26%	1.36%
Renovables	621.27	641.34	3.23%	7.11%
Hidroenergía ³⁵	114.69	100.66	-12.23%	1.12%
Geotermia	133.14	131.33	-1.36%	1.46%
Viento	13.12	20.60	57.05%	0.23%
Solar	6.67	7.52	12.75%	0.08%
Bagazo de caña	95.08	123.83	30.24%	1.37%
Leña	256.74	255.42	-0.51%	2.83
Biogás	1.82	1.97	8.13%	0.02%
Producción	9,059.05	9,025.75	-0.37	100%

Fuente: SENER (2014a), quien se basa en el Balance Nacional de Energía (2013).

Como se puede observar en el Cuadro anterior, en cuanto a la participación de energías renovables, en la producción de energía primaria en México, para el mismo periodo, la aportación de cada una de las fuentes renovables de la matriz energética registró en primer lugar a la leña con 2.83% (255.4 PJ), seguido de la geotermia con 1.46% (131.3 PJ), la aportación del bagazo de caña 1.37% (123.8 PJ), la energía hídrica 1.12% (100.6

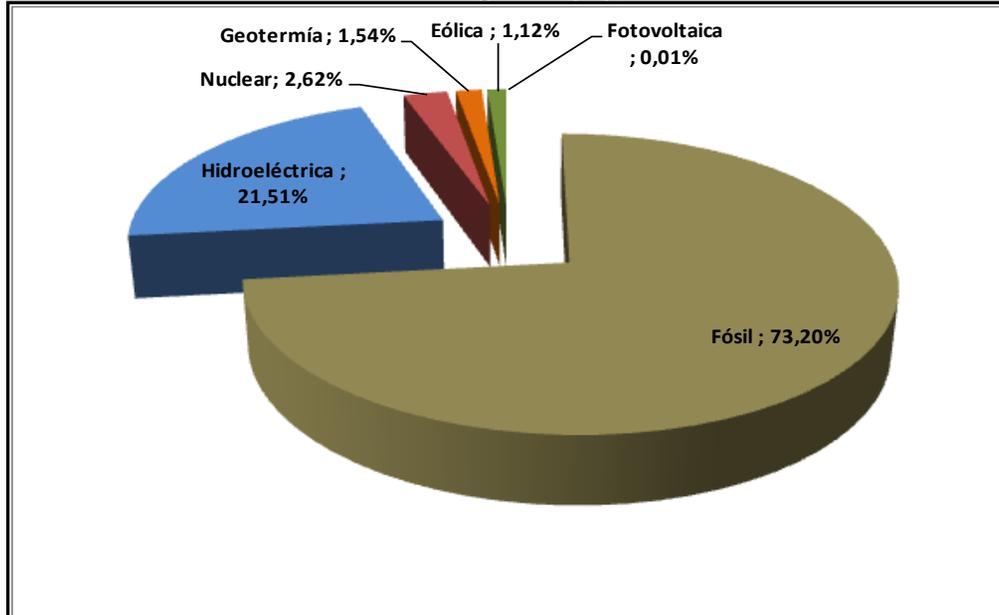
³⁵ Aquí se contempla gran hidráulica (mayor a 30 MW).

PJ), seguido de 0.23% de energía eólica (20.6 PJ), 0.09% proveniente de energía solar (7.5 PJ) y, finalmente, biogás con 0.02% (1.9 PJ) del total de la producción de energía primaria (SENER 2014a).

Respecto al sector eléctrico, según la SENER (2014a), la evolución de las energías renovables al cierre del año 2013 mostró el siguiente comportamiento: la capacidad efectiva de las Centrales Eléctricas Legadas y las Centrales Externas Legadas para la generación eléctrica a partir de fuentes renovables se colocó en 24.18% con una generación asociada del 13.69% de la generación total, mientras que en el 2012 la capacidad de generación representó el 24.57% del total y la generación asociada al 14.9% del total de la energía eléctrica generada. En este sentido, la contracción en la generación de electricidad a partir de fuentes renovables se debió principalmente a la evolución desfavorable de la generación hidroeléctrica, tomando en consideración que dicha fuente representa el 77.65% del total de la aportación de las energías renovables a la generación de las Centrales Eléctricas Legadas y las Centrales Externas Legadas.

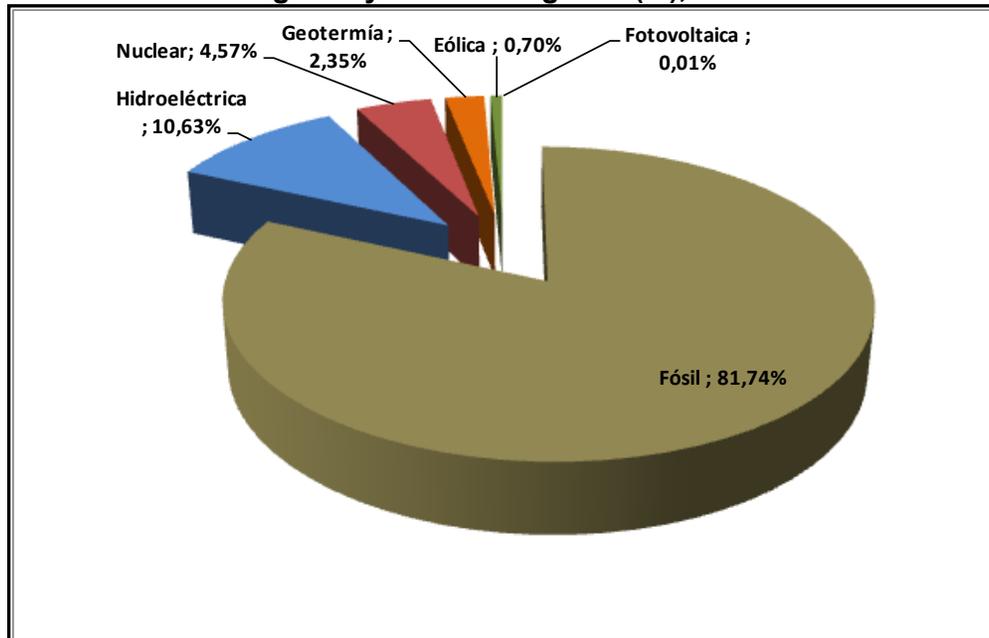
Hasta el año 2013, la composición de la capacidad efectiva para aprovechamiento de las fuentes renovables de energía de las Centrales Eléctricas Legadas y las Centrales Externas Legadas se constituyó de la siguiente manera: el 0.1% para explotación de energía solar, 1.12% de energía eólica, 1.54% de energía geotérmica, así como 21.51% de energía hidráulica. Por otro lado, la aportación de dicha capacidad a la generación de electricidad contribuyó mediante: 2.35% de energía geotérmica (6,069.72 GWh), 0.70% de energía eólica (1,813.89 GWh), 10.63% de energía hidráulica (27,430.03 GWh), así como el 0.01% a través de tecnología fotovoltaica (13.09 GWh), véanse Figuras 17 y 18.

Figura 17: Participación por fuentes en la capacidad efectiva de centrales legadas y externas legadas (%), 2013



Fuente: SENER (2014a) quien se basa en los datos del Sistema de información Energética (SIE, 2014).

Figura 18: Participación por fuentes en la generación bruta de energía de centrales legadas y externas legadas (%), 2013



Fuente: *Ibidem*.

A pesar de la pequeña participación de las energías renovables dentro del sector eléctrico y energético nacional (considerando los importantes recursos renovables con los que se cuentan), es una realidad que el sector de energías renovables ha registrado un crecimiento progresivo en México durante la última década, que si bien no se acerca al crecimiento de algunos otros países similares a México, este crecimiento si resulta importante. Se ha incrementado de manera considerable la capacidad instalada para generar energía eléctrica a partir de fuentes renovables y se han impulsado algunas condiciones favorables para desarrollar negocios en este sector, donde destaca principalmente la energía eólica dentro del conjunto de energías renovables.

Al 2013, la capacidad instalada para la generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables fue de 14,891 MW (considerando sólo las centrales en operación), de los cuales según PROMEXICO (2014), es importante destacar que el 83% fue realizado por la inversión pública, es decir por la paraestatal CFE y el 13% restante mediante la inversión privada mediante los permisionarios (en esquemas como el autoabastecimiento, cogeneración o producción independiente de energía). En el siguiente Cuadro se presentan la capacidad instalada y en construcción por cada fuente de energía renovable en México.

Cuadro 18: Capacidad instalada en operación y en construcción de energías renovables en México, 2013

Tipo de energía	Capacidad instalada en operación (MW)	Capacidad autorizada en construcción (MW)
Hidráulica ³⁶	11,694	890
Eólica	2,551 ³⁷	2,420
Geotérmica	823	169
Biomasa	661	120
Solar	76	976
Total	15,805	4,575

Fuente: PROMEXICO (2014), quien se basa en CFE/CRE.

A partir del aprovechamiento de las fuentes renovables de energías el país cuenta con 246 centrales en operación y en construcción para la generación de energía eléctrica con dichas fuentes energéticas. Dichos proyectos tienen presencia en el 90% de las

³⁶ Aquí se contempla la pequeña (menor a 30 MW) y gran hidráulica (mayor a 30 MW).

³⁷ Se actualiza la capacidad instalada de la eólica al 2014, a partir de los datos de la AMDEE.

entidades federativas del país, pero hay que puntualizar que los Estados de Oaxaca y Veracruz son los Estados con mayor número de proyectos, eólicos y de bioenergía respectivamente (PROMEXICO, 2014).

Según PROMEXICO (2013), México cuenta con una capacidad de 8,737 MW, tomando en cuenta las centrales en operación y en construcción (y sin contar la gran hidráulica mayor a los 30 MW). Los Estados de Oaxaca, Baja California, Coahuila, Tamaulipas y Veracruz concentran cerca del 67% de capacidad instalada. Es importante señalar que por ley, la participación privada en proyectos hidroeléctricos sólo se permite en aquellos con capacidad instalada de hasta 30 MW. Las Centrales para la generación de electricidad con fuentes de energía renovables se presentan en el Cuadro 19.

Cuadro 19: Centrales para la generación de electricidad con fuentes de energía renovables en México por entidad federativa y tipo de fuente (MW en operación y construcción), 2013

Estado	Hidroeléctrico ³⁸	Eólico	Geotérmico	Biomasa	Solar	Total
Oaxaca	19	2,707		33		2,759
Baja California	24	539	570		37	1,170
Veracruz	572	40		268		880
Coahuila		501		33	37	570
Tamaulipas		500		13		513
Sonora	37	2			386	425
Nuevo León		324		28		552
San Luis Potosí		200		81	33	314
Jalisco	56	50		66	84	256
Baja California Sur		1	10		236	246
Otros	367	106	380	258	212	1,251
Total	1,075	4,970	888	745	1,025	6,052

Fuente: *Ibidem*.

Si bien el sector industrial de energías renovables aún no se encuentra del todo bien estructurado y consolidado en México, el reciente crecimiento del sector ha permitido que diferentes empresas líderes en el Mundo en la explotación de energías renovables en los diferentes sectores como desarrolladores de proyectos, de componentes y equipos, operadores, etc. que vean a México como un mercado atractivo para invertir en el sector de las energías renovables. Pero también diversas empresas mexicanas han

³⁸ Incluye únicamente plantas hidroeléctricas menores a 30MW de capacidad instalada.

aprovechado la ventana de oportunidad para participar en el sector, para lo cual has diversificado sus líneas de negocio principalmente como proveedoras de servicios y componentes. Las principales empresa que mayor participación tienen en el sector en México se presentan en el Cuadro 20.

Cuadro 20: Principales empresas con mayor presencia en el sector de energías renovables en México, 2013

EMPRESAS	
Trinity Industries	Iberdrola
Speco	Cisa Energía
CS Wind	DelSol Systems
Potencia Industrial	Acciona Energía
Jabil	Gamesa
Solartec	Gauss Energía
Sanyo	Sonora Energy Group de México
Kyocera	Vestas
Alstom	Siemens
General Electric	Mexxus Drilling
Abengoa	SunPower
Enel Green Power México	Grupo Dragón
DEMEX, Desarrollos Eólicos Mexicanos (Renovalia)	Eléctrica del Valle de México (EDF Energies Nouvelles)

Fuente: PROMEXICO (2014), quien se basa en CFE/CRE.

Ahora en el siguiente apartado se analizarán cuáles son las perspectivas en torno en desarrollo de las energías renovables en México.

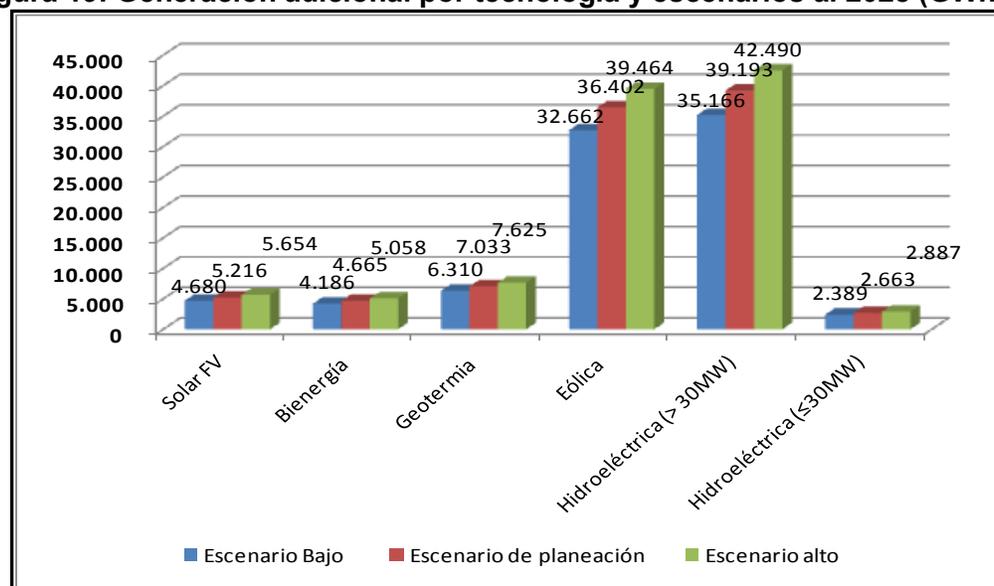
2.3.3 Proyección a mediano plazo para las energías renovables en México

Según la SENER (2014a), las proyecciones de la oferta eléctrica con energías renovables depende de diversos factores, tales como el tipo de tecnología, la disponibilidad e intensidad de los recursos, la escala de generación y el tiempo de recuperación. Pero es necesario puntualizar que la aportación de la generación renovable a la generación total siempre será sensiblemente menor que a su aportación de capacidad, debido a que los factores de planta de tecnologías como la solar y eólica son comparativamente menores respecto a las convencionales.

Mediante las proyecciones realizadas por la SENER (2014a), se prevé que hacia el año

2028 la principal fuente de generación a partir de fuentes renovables de energía continué siendo la hidroeléctrica. Se estima que en 2028 la generación hidroeléctrica proveniente de los proyectos que se implementen en el periodo incrementará en más de 39,000 GWh/año lo que representa más del 37% con respecto a la generación de la misma en 2013. Respecto a la generación eólica se prevé que al final del periodo prospectivo se añada una generación anual de 36,000 GWh/año (escenario de planeación). Los principales incrementos tanto de la capacidad instalada como de la generación a partir de energía eólica comenzarán en 2017, como resultado de la entrada en operación de los proyectos considerados en las distintas temporadas abiertas. Igualmente, se estima que la energía geotérmica ocupe el tercer lugar en abastecimiento de energía al sistema, con 7,000 GWh/año en 2028, lo que representaría un crecimiento del 19% respecto a 2013.

Respecto a la energía solar fotovoltaica se espera superar los 5,000 GWh/año en 2028, los proyectos para aprovechamiento de bioenergía para generación eléctrica equivaldrán a 4,600 GWh/año, mientras que la pequeña hidroeléctrica rondará los 2,700 GWh/año hacia el final del periodo prospectivo. Cabe destacar que, como resultado de las modificaciones al marco normativo derivadas de la Reforma Energética, según la SENER (2014a) las estimaciones para el aprovechamiento de las energías renovables podrían ser mayores. Las estimaciones realizadas la SENER en base a tres escenarios, bajo, de planeación (moderado) y alto para las diferentes fuente renovables de energía, dichos escenarios se presentan en la Figura 19.

Figura 19: Generación adicional por tecnología y escenarios al 2028 (GWh/año)

Fuente: SENER (2014a).

Por otra parte según el informe de PROMEXICO (2014), sobre fuentes de energías renovables, se estima que para el 2027, se alcanzará una capacidad instalada superior a 35,000 MW para la generación de electricidad a partir de energías renovables. Es así que entre los años 2013-2027, se espera un incremento de 21,089 MW, respecto a la capacidad instalada existente, destacando la participación de la energía eólica con el 52% y la hidráulica con el 25%. Dicho pronóstico incluye las modalidades de servicio público, autoabastecimiento y generación distribuida. Ver estimaciones por fuente de energía en el Cuadro 21.

Cuadro 21: Capacidad instalada adicional en México para la generación de energía eléctrica a partir de energías renovables 2013-2027 (MW)

Tipo de energía	Servicio público	Autoabastecimiento	Generación distribuida	Total
Eólica	3,519	7,066	395	10,980
Hidráulica	4,713	476	150	5,339
Solar				
Fotovoltaica	36	2,199	1,273	3,508
Termosolar	14	29	1	44
Biomasa	0	539	402	941
Geotérmica	180	40	57	277
Total	8,462	10,348	2,279	21,089

Fuente: PROMEXICO (2014), quien se basa en SENER (2014a).

Para satisfacer la demanda total de energía eléctrica a 2027, la CFE estima un incremento de 47,503 MW (incluyendo las fuentes de energía convencionales y no convencionales), en el Sistema Eléctrico Nacional. El sector público planea instalar 8,470 MW a partir de energías renovables, lo que estaría representando el 17.8% de la generación eléctrica nacional (PROMEXICO, 2014). En el Cuadro 22 se presenta la capacidad adicional estimada del sector público para el periodo 2013-2027.

Cuadro 22: Capacidad adicional del Sector Público 2013-2027 (MW)

Tipo de energía	Proyectos terminados, en construcción o licitación	Licitación futura	Total
Hidráulica	750	3,822	4,572
Eólica	815	2,704	3,519
Geotérmica	104	255	359
Solar	20	0	20
Total	1,689	6,781	8,470

Fuente: PROMEXICO (2014), quien se basa en SENER (2014a).

En el siguiente Capítulo se dedicará al análisis del sector en el que se basa la presente investigación tanto a nivel global pero abundando en el caso particular de la energía eólica en México.

Conclusiones

El cambio climático, es uno de los principales problemas que enfrenta la humanidad en la actualidad, por lo que resulta ser uno de los principales retos a enfrentar y solucionar para las actuales generaciones, donde el objetivo es hacerle frente a este problema de la mejor manera posible, especialmente en los países en desarrollo al considerar su vulnerabilidad pero principalmente en explotar sus potencialidades para dar soluciones al problema y sobre todo obtener beneficios locales, no sólo ambientales, sino sociales y económicos. Reconociendo los graves efectos que el cambio climático está produciendo en nuestros ecosistemas y en nuestras poblaciones, se hace necesario que las soluciones se centren en el impulso a diferentes alternativas, siendo una de las más importantes la referente la transición de la explotación de los combustibles fósiles hacia la explotación de las energías renovables.

Al reconocer que las energías renovables desempeñan un papel importante en la mitigación de los efectos del cambio climático y, por lo tanto, en el desarrollo de tecnologías asociadas a este sector se pone de manifiesto la importancia que tiene la diversificación de las matrices energéticas de las naciones en beneficio de un mayor nivel de seguridad y soberanía energética pero sobre todo con las implicaciones medioambientales y económicas que la transición energética en basé a fuentes renovables tendría. En particular es necesario transitar a la generación de energía eléctrica mediante la explotación de los recursos energéticos con los que cuenta cada nación, ello al considerar que el uso de la energía eléctrica en los diferentes sectores (productivos, domésticos, etc.) generan una gran presión al medio ambiente, además de que la explotación de los recursos renovables tiene importante aplicaciones para la generación de energía eléctrica.

El futuro de las energías renovables a nivel global es prometedor, esto según el informe especial sobre fuentes de energía renovable del IPCC de 2011, ya que destaca que las energías renovables tienen un “enorme potencial mitigante de las emisiones GEI”. Lo anterior, a pesar de la presencia de las últimas crisis económicas y financieras internacionales que se han vivido. La inversión mundial en energías renovables ha seguido aumentando, así como la incursión de nuevos países como es el caso de China, quien actualmente se ha posicionado como uno de los líderes mundiales en la explotación de las energías renovables (país que ha visto en las energías renovables una opción para dar abastó a su creciente demanda energética)³⁹.

El sector de energías renovables, a pesar de ser una industria naciente en México, ha crecido favorablemente en los últimos años, por lo cual, estas fuentes de energía han cobrado una mayor relevancia, particularmente en el área de generación de electricidad, área en la cual, sin duda, la aplicación de las energías renovables tiene un mayor potencial para México. Actualmente se están desarrollando un gran número de proyectos de este tipo a lo largo del territorio nacional, por lo cual, lo importante es que se siga consolidando su crecimiento en basé a los diferentes recursos energéticos renovables con los que cuentan México. Pero además es necesario puntualizar que es prioritario que el desarrollo y crecimiento de esta industria tenga una participación más sustancial de la

³⁹ Un elemento importante en el crecimiento de las energías renovables es el rol que han tomado el sector privado y las empresas energéticas, los cuales en muchas ocasiones se han visto estimuladas por los propios gobiernos por modificaciones a sus diferentes marcos normativos y/o incentivos fiscales y financieros para el desarrollo de dichos proyectos.

industria local con el fin de diversificar domésticamente los beneficios que la industria genera.

Finalmente hay que subrayar, que el mercado para energías renovables en México es amplio y atractivo, y no sólo por el extenso potencial que posee en los diferentes recursos renovables (eólicos, solares, geotermia, etc.), sino también por la oportunidad de manufacturar equipo, así como en la generación y distribución de electricidad. Por lo tanto, el reto es potencializar las oportunidades para transitar hacia una economía baja en carbono a partir de la adecuada explotación de los recursos energéticos renovables presentes en las diferentes regiones de México y apoyando/desarrollando una industria local. Además de encontrar los mecanismos para multiplicar el desarrollo de proyectos con mayores beneficios hacia las poblaciones donde se ubican dichos proyectos. Con la nueva Reforma Energética (2013) y con los diferentes marcos normativos se espera poder alcanzar dichos objetivos (o por lo menos tener un mejor desempeño), que permitan obtener mayores beneficios, tanto económicos como social y ambiental.

Capítulo 3: La energía eólica a nivel mundial y en México

Introducción

Las emisiones de GEI asociados con la prestación de servicios de energía eléctrica y de transporte son una de las principales causas del cambio climático, ya que históricamente estos servicios se han basado principalmente en la quema de combustibles fósiles. Por tal motivo, como se abordó en el Capítulo anterior, las energías renovables son una de las principales alternativas para afrontar el problema del cambio climático (como estrategia de adaptación y mitigación de sus efectos), además de aportar a la seguridad energética de las naciones mediante la diversificación de sus matrices energéticas.

Una de las fuentes de energía renovable con mayor potencial alrededor del Mundo y que ha sido mayormente explotada por diferentes países es la eólica. Hoy en día es posible ver en muchas partes del Mundo un mayor número de plantas eólicas (parques o granjas eólicas), lo que demuestra que muchos Gobiernos y empresas están contemplando a la energía eólica como una fuente viable para ser integrada a sus matrices energéticas.

La energía eólica es una energía limpia y renovable, al no emitir CO₂ hacia la atmósfera, ni otros contaminantes presentes en gran parte del planeta, que resultan ser muy peligrosos y dañinos no sólo para el medio ambiente o la salud de la población, sino que tienen repercusiones en la infraestructura y en el sistema económico en general. Se ha estimado en promedio, que de entre tres a seis meses de operación de una turbina eólica, compensaría las emisiones causadas por su construcción, para ejecutarse virtualmente como libre de carbono para el resto de su vida útil, la cual podría ser alrededor de 20 años (lo cual está en función de su mantenimiento y a los regímenes de viento a los que se enfrenta en su operación).

Hay que mencionar que la energía del viento se deriva del calentamiento diferencial en la atmósfera por el sol, y las irregularidades de la superficie terrestre. Aunque sólo una pequeña parte de la energía solar que llega a la tierra se convierte en energía cinética del viento, la cantidad total es enorme en todo el Mundo (cabe aclarar que se concentra en mayor o menor medida en determinadas regiones geográficas). En la actualidad, con la ayuda de los aerogeneradores es posible convertir la fuerza del viento en energía eléctrica.

En los últimos años se ha demostrado que la energía eólica cuenta con diversas ventajas, que la posicionan como una fuente de energía atractiva tanto en gran escala como para pequeñas aplicaciones (como es el caso de la generación distribuida⁴⁰). Una de las más importantes ventajas, además de las medioambientales, es que permite reducir la dependencia a los combustibles convencionales (fósiles), los cuales están sujetos a variaciones de precio y a la volatilidad en su disponibilidad y por lo tanto, permite a los países disminuir la dependencia existente hacia los países que proveen dichos combustibles⁴¹.

Hay que destacar que la energía eólica ha llegado a consolidarse como uno de los pilares energéticos de diferentes países y que aunado a ese desarrollo eólico, han logrado consolidar una industria ligada a la explotación con esta fuente de energía, tal es el caso de España, país que cuenta con empresas que son actualmente un referente del mercado eólico mundial y que tienen una presencia importante en México. De la misma manera, China es otro ejemplo exitoso en la explotación de la energía eólica, tal ha sido su relevancia que en la actualidad ha logrado ubicarse como el líder mundial en la capacidad instalada en energía eólica, a la vez que ha logrado consolidar una industria local y que de forma paulatina, ha incursionado exitosamente en el mercado internacional. Por el éxito que España y China han logrado alcanzar en los últimos años, en el presente Capítulo se abordarán más a detalle los aspectos institucionales más importantes que han hecho de estos países un referente mundial en el aprovechamiento de sus recursos eólicos.

En el caso particular de México, hay que destacar que respecto a los diferentes potenciales energéticos renovables con los que cuenta, la eólica ha cobrado una gran relevancia, ya que a lo largo del territorio nacional existen recursos eólicos importantes, muchos de los cuales desde hace ya algunos años han comenzado a ser explotados y otros más por explotar en el mediano y largo plazo. Esta es una de las principales

⁴⁰ La generación distribuida o descentralizada, consiste en la generación de energía eléctrica mediante muchas pequeñas fuentes de generación, instaladas cerca del consumo. Por lo tanto, la generación distribuida puede ser un complemento entre la micro-generación y la generación de las centrales convencionales (buscando disminuir la dependencia de dichas centrales), por lo tanto mediante la explotación de las fuentes de energías renovables con las que se cuentan se puede abastecer una parte importante del consumo, permitiendo a la vez reducir las emisiones de CO₂.

⁴¹ También se ha demostrado que la explotación de dicha fuente de energía, puede llegar a ser una fuente de energía capaz de abastecer parte importante de los crecientes requerimientos energéticos de los países en vías en desarrollo, como los casos de China e India, que en tan sólo algunos años (principalmente en los últimos 10) han logrado posicionar a esta energía como una fuente viable en torno a sus requerimientos energéticos, con proyecciones a que siga creciendo durante los próximos años.

razones para la elección de este tipo de energía como objeto de estudio en el presente trabajo de investigación.

Por tal motivo, en el presente Capítulo se presenta un panorama general de la situación de la energía eólica a nivel global y el caso particular de México. Para lo cual se divide en seis apartados principales, en el primero se presenta una breve descripción de la evolución tecnológica que ha tenido la energía eólica a lo largo de la historia y cuáles fueron los factores impulsores en el desarrollo de ésta tecnología. En el segundo apartado se presenta cuál es la situación actual en el aprovechamiento de la energía eólica a nivel mundial. Para el tercer apartado se hace una breve descripción de los principales aspectos e incentivos institucionales que han hecho de China y España referentes mundiales en la explotación de la energía eólica en la actualidad. En el cuarto apartado se describe cuál es la situación actual de México en el aprovechamiento de esta fuente de energía, en tanto en el quinto apartado se presenta un breve análisis de las principales funciones del marco normativo mexicano en el que se sustenta la explotación del recurso eólico en México, centrándose principalmente en el escenario que actualmente presenta la Reforma Energética (2013). Finalmente en el último apartado se hace un breve análisis comparativo de los aspectos centrales que han hecho de China y España un éxito en la explotación de la energía eólica y cuál es la situación de México respecto a los países antes mencionados.

3.1 Evolución tecnológica de la energía eólica

La tecnología eólica ha sido utilizada por el hombre a lo largo de la historia de manera más o menos intensiva en diferentes épocas de la historia y obedeciendo a diferentes fines. La evolución histórica de lo que hoy se conoce como la tecnología eólica se puede dividir en cuatro etapas definidas por acontecimientos tecno-históricos.

La primera etapa surge en los siglos XIV y XV, donde son desarrolladas las primeras máquinas, las cuáles se caracterizan por una lenta evolución técnica. La segunda etapa empieza en el Renacimiento y termina en el periodo de la Revolución Industrial. En dicha etapa, hay un gran interés por la maquinas eólicas, lo que permite una rápida evolución técnica que se plasma en la incorporación de importantes mejoras en los molinos⁴² de

⁴² Es en este periodo que son desarrollados los molinos de viento con sistemas de orientación y se innova

esas épocas, que son los principales y más claros antecesores de la tecnología eoloeléctrica.

La tercera etapa comprende desde la mitad del siglo XIX hasta mediados del siglo XX. Durante dicha época se realizan importantes desarrollos en los sectores aerodinámicos⁴³ además se efectúan diferentes y significativos desarrollos técnicos. Es así que los molinos de viento sufren una transformación completa en su diseño y comienzan a ser difundidos en diferentes regiones de Europa, tomando mayor relevancia en Inglaterra, España y principalmente en los Países Bajos (Holanda⁴⁴).

Finalmente la cuarta y última etapa, la cual resulta ser la más importante en su proceso de I+D, empieza con la crisis energética de 1973 y llega hasta nuestros días. A pesar de que no se aprecian radicales modificaciones en el diseño si se produce una evolución tecnológica importante en su potencia y eficiencia, ya que se elaboran métodos de cálculo más rigurosos, se utilizan nuevos materiales más resistentes y ligeros, aparecen los sistemas electrónicos de regulación y control (esta etapa será abordada más adelante).

En la Figura 20, se presenta un diagrama de la evolución general que la tecnología eólica ha tenido a lo largo de su historia, pasando del molino persa hasta llegar a las actuales turbinas eólicas (turbinas eoloeléctricas), lo cual implica importantes innovaciones técnicas ya que se pasa de la utilización de la energía cinética del viento a su utilización mecánica y la posterior utilización de la energía mecánica para la generación de energía eléctrica.

principalmente en el diseño de los álabes.

⁴³Es en esta época cuando se inician las primeras teorías de la aerodinámica.

⁴⁴Holanda fue el país europeo que contó con más molinos de viento, aunque en la España del Quijote, ya había también numerosos molinos de viento y en Inglaterra, a finales del siglo XIX existían alrededor de 10.000 (<http://www.educar.org/inventos/elmolino.asp> Consultado en febrero de 2012).

Figura 20: Evolución de las tecnologías eólicas



Fuente: Elaboración propia con imágenes de Google imágenes.

En el Anexo 2, se hace una descripción más detallada de la evolución tecnológica que ha tenido la energía eólica a través de la historia, previo a la crisis del petróleo de 1973. A continuación, se describe uno de los sucesos más importantes que han impulsado los desarrollos eolieléctricos modernos.

3.1.1 Crisis energéticas y el inicio de los desarrollos tecnológicos modernos

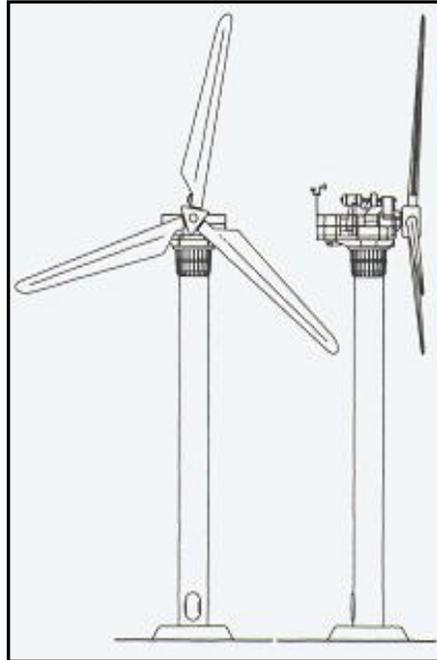
Las crisis de petróleo de 1973 y 1979, son un claro ejemplo de las consecuencias que tiene para los países el depender en gran medida de los combustibles fósiles y el caos que ocasiona durante sus periodos de escases. En algunos de los países más castigados por esta crisis, se tomó conciencia de la necesidad de instaurar medidas orientadas a asegurar el abasto de energía (principalmente los países que no cuentan con recursos petroleros). Para ello, se hizo evidente que el mejor camino a seguir es establecer la diversificación de la matriz energética, basada principalmente en las fuentes de energía con que cuenta cada país, en la medida de lo posible y dentro de los límites económicos aceptables. Por ejemplo, el Gobierno de Dinamarca decidió impulsar los procesos de I+D en la tecnología eolieléctrica (así como otras fuentes renovables de energía), así como apoyar su implantación y su disseminación mediante programas e incentivos nacionales y regionales. Con ello Dinamarca no sólo emprendió el camino hacia la diversificación de su matriz energética, sino también a la creación de fuentes de nuevos empleos y

diversificación de su planta productiva, además del aprovechamiento de sus recursos energéticos renovables. Algunos años después, la industria eoloeléctrica de Dinamarca se posicionaría como líder en todo el Mundo (Borja, R. *et al.*, 2005), asimismo continúa siendo un referente a nivel mundial.

Otro país que realizó importantes esfuerzos de I+D a partir de estas crisis energéticas fue Estados Unidos de Norteamérica, cuyo primer resultado importante fue la instalación en 1975 del aerogenerador MOD-0, un aerogenerador bipala (dos álabes), de 38 metros de diámetro, con álabes de metal y 100 KW (0.1 MW) de potencia. Después de este diseño se realizaron una serie de nuevos aerogeneradores que concluyó con la instalación del aerogenerador de 3.2 Megavatios (MW) y 100 m de diámetro, el MOD-5B, construido por la compañía Boeing e instalado en Hawái en 1987.

En 1979, el Ministerio de Industria y Energía de España, a través del Centro de Estudios de la Energía, puso en marcha un programa de I+D para el aprovechamiento de la energía eólica y su conversión en electricidad. El primer paso fue el diseño y la fabricación de una máquina experimental de 100 KW (Figura 21), para luego proyectar grandes aerogeneradores con potencias del orden de 1 MW. La máquina estaba compuesta por una aeroturbina de tres álabes de fibra de vidrio y poliéster de 20 m de diámetro, con este diseño se consiguió una potencia de 0.1 MW, con una velocidad de viento de 12 metros por segundo (m/s) (dicha turbina es el antecedente más cercano a las actuales y más modernas tecnologías). Para su emplazamiento se escogió la región de Tarifa del municipio de Cádiz en España, por ser la zona que se conocía por presentar un mayor número de horas de viento durante todo el año (el caso español será abordado de manera más amplia en el apartado 3.3).

Figura 21: Aerogenerador experimental de 100 KW



Fuente: <http://www.renov-arte.es>

La crisis internacional del petróleo de 1973, impulsó el nacimiento y el desarrollo de aerogeneradores, para la década de 1980 comenzó su aplicación comercial de manera incipiente, pero con el tiempo se logró consolidar. Es a partir de esas fechas, que la I+D tecnológico en el tema de la generación eoloeléctrica mantiene un paso sostenido que ha sido la base de la progresiva implantación y diseminación de esta interesante tecnología, que hoy se encuentra presente en muchas partes del Mundo.

Hoy día en el ámbito internacional, uno de los motivos principales para aplicar la tecnología eoloeléctrica a escala significativa, ha sido la de mitigar la emisión de GEI, en respuesta a la preocupación mundial por el Cambio Climático Global. Además, se ha hecho evidente que la aplicación de la tecnología eoloeléctrica trae una serie de beneficios adicionales comprobados, entre los que se encuentran: incrementar la seguridad y abasto de energéticos (aprovechando un recurso energético propio e inagotable), ahorrar combustibles fósiles, atraer la inversión privada con la participación de grandes, pequeñas y medianas empresas. Además de impulsar el desarrollo en las regiones favorecidas con recurso eólico y, sobretodo, crear nuevos empleos directos e indirectos por las diversas actividades que la industria eólica detona.

Intensificación en el desarrollo tecnológico eoloeléctrico

Según Borja y Gózales (2000), la intensificación en la I+D tecnológico de aerogeneradores, fue ocasionada por la actividad comercial que se dio en Estados Unidos de Norteamérica durante la década de 1980. Principalmente, porque en el Estado de California se establecieron incentivos favorables para la generación eoloeléctrica, lo que propició la instalación de un complejo eoloeléctrico que en ocho años (1983-1990) alcanzó una capacidad cercana a 1,500 MW. Para mediados de la década de 1980, en California ya se había instalado una gran cantidad de los entonces 37 modelos disponibles de aerogeneradores. Así, el complejo eoloeléctrico de California se convirtió en un gran centro de pruebas para proyectos de gran escala en todo el Mundo.

Lo anterior fue un inicio comercial temprano, ya que para esas fechas la tecnología aún se encontraba en etapa inicial de desarrollo en diferentes países. Por ello, durante la fase operacional surgieron diversos problemas técnicos, los cuales en su mayoría han sido superados actualmente.

En tanto, la Unión Europea esperó cautelosamente a que la tecnología alcanzara un grado mayor de desarrollo para iniciar su implantación, y es hasta 1990 cuando se empieza a propagar la tecnología eoloeléctrica en varios países europeos” (Borja y Gózales, 2000: 179). A partir de esas fechas, Europa mantiene un crecimiento sostenido que sigue al progreso técnico y económico de la tecnología, así como la consolidación de diferentes políticas públicas para promover y apoyar el desarrollo sustentable y la explotación/exploración de energías renovables.

El desarrollo de la tecnología eoloeléctrica en los países líderes se ha apoyado de manera importante, principalmente después de la década de 1990, en diversos programas gubernamentales de investigación, desarrollo tecnológico y demostración (I+D, D). En mayor o menor medida, en cada uno de estos países se crearon organizaciones (públicas y privadas), laboratorios, centros de prueba y grupos de trabajo que han sido y seguirán siendo, la fuente de los elementos de mejora e innovación tecnológica, así como de los recursos humanos especializados que han sustentado técnicamente los procesos de implantación y diseminación de la tecnología, siempre en estrecha vinculación con la industria privada y con las instituciones del sector público (tanto financieras, como de educación e I+D).

En este sentido, si bien es cierto que los países industrializados han seguido diferentes trayectorias tecnológicas para desarrollar aerogeneradores, otro elemento primordial es el papel de la cooperación internacional en el ámbito de la I+D tecnológico, que ha resultado fundamental para resolver problemas comunes. De esta forma, desde 1977 el Acuerdo Eólico de la Agencia Internacional de Energía (AIE) ha sido una plataforma de intercambio de información y trabajo conjunto que ha impulsado notablemente el desarrollo de la tecnología eoloeléctrica (Borja, R. *et al.*, 2005).

Existen otros años de gran relevancia para la industria eoloeléctrica, por ejemplo a finales de 1990, el diseño danés (eje horizontal de tres aspas) se mejoró y amplifíco para producir aerogeneradores con capacidad nominal de hasta 250 KW (0.25MW). Y de 1990 a 1996, el tamaño promedio de los aerogeneradores comerciales se incrementó de 200 KW a 500 KW (0.20 y 0.5MW respectivamente). A finales de 1996 la industria eoloeléctrica contaba con aproximadamente 6,000 MW instalados. A finales de 1997 ya existía en el Mundo más de 7,000 MW eoloeléctricos conectados a sistemas eléctricos convencionales” (Borja, R. *et al.*, 2005:9).

En 1998 los promotores de la generación eoloeléctrica celebraron el logro de la instalación de los primeros 10,000 MW de capacidad eoloeléctrica instalada en el Mundo. Cuando concluyo 1999, ya había cerca de 13,900 MW instalados alrededor del Mundo. En el año 2000, se instalaron cerca de 4,600 MW más, lo que represento para la industria ventas anuales, de por lo menos, cuatro mil millones de dólares. En ese año se logró incrementar la capacidad instalada a 18,500 MW, de los cuales 13,000 MW se localizaban en Europa. A finales de 2002 la capacidad eoloeléctrica acumulada en el Mundo era cercana a 31,000 MW. Para finales de 2003 la industria eoloeléctrica contaba con 37,000 MW instalados” (Borja, R. *et al.*, 2005:10-11).

En el apartado 3.4 se presenta con más detalle el crecimiento mundial de sector eoloeléctrico en los últimos años, en tanto en el siguiente sub-aparatado se presenta de manera muy breve en qué consiste y cuáles son los principales componentes de la tecnología eoloeléctrica moderna.

3.1.2 Principales componentes de la tecnología eólica

Como se ha descrito anteriormente, a lo largo de la historia, la tecnología eólica ha mostrado importantes avances, pero estos han tenido mayor dinamismo en los últimos

100 años. Durante dicho lapso, se introdujeron nuevos diseños donde los molinos tradicionales de eje horizontal y muchos álabes, que operaban con pobres valores de eficiencia, dejaron de ser la única alternativa. Las experiencias que comenzaron a llevarse a cabo sobre máquinas de pocos álabes (principalmente de tres álabes) demostraron que las mismas podían alcanzar velocidades de rotación mucho mayores para una velocidad de viento determinada (es decir una mayor eficiencia).

El avance tecnológico en el sector eólico nos ha llevado a la utilización de nuevas máquinas que aprovechan de mejor manera la fuerza del viento, tecnologías que siguen basándose en los principios técnicos de los antiguos molinos de viento. Los cuales se constituían por un sencillo mecanismo de álabes, ejes y engranajes, al principio realizaban funciones como mover una piedra para moler granos, mover una noria a partir de la cual se elevaba agua de un pozo, actuar como bomba de succión, etc.

Hoy en día las máquinas eólicas empleadas para la generación de energía eléctrica, se pueden clasificar en dos grandes grupos, según el eje de rotación de los álabes sea horizontal o vertical. Como se mencionó anteriormente, por sus características de eficiencia, las turbinas de eje horizontal son las que han sido mayormente difundidas en todo el Mundo.

Sin bien dependiendo del fabricante y la tecnología localizada en determinadas zonas, las turbinas eólicas pueden variar en términos generales, estas comparten componentes básicos. Primero que nada, hay que puntualizar que una central eólica es un complejo eléctrico cuyo elemento principal es un conjunto de aerogeneradores distribuidos de tal forma que se aprovechen al máximo las corrientes de aire de la zona en la que se localiza. En términos generales, sus componentes principales se enumeran a continuación:

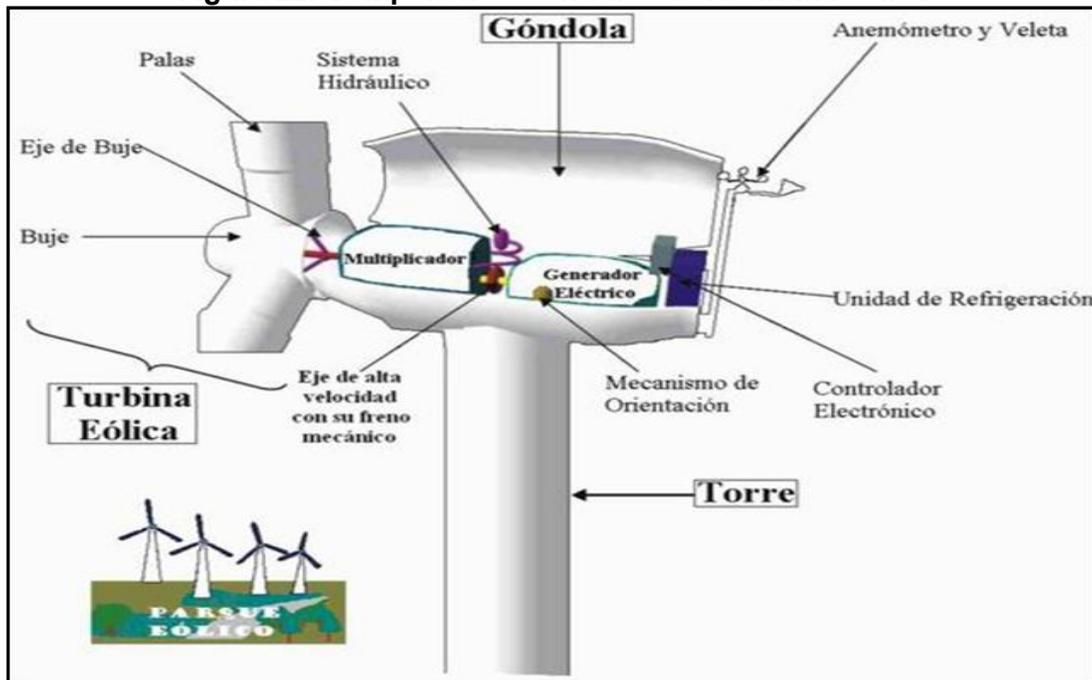
- **Aerogeneradores:** Son el corazón de la tecnología y la que mayor número de componentes tiene en su interior (los cuales se describen a detalle más adelante).
- **Accesos:** Son las carreteras, caminos y plataformas gracias a las cuales se puede acceder a los generadores con la maquinaria necesaria.
- **Edificaciones:** Son las construcciones que protegen los equipos eléctricos de control, transformadores, servicios generales, servicios de vigilancia, etc.

- **Sistema eléctrico de control:** Tiene la función de conectar la central con los puntos de distribución de energía eléctrica. Se compone de transformadores, sistemas generales de control y sistemas de telemando.
- **Transformadores:** Son los encargados de que la tensión de salida hacia la red sea la adecuada.
- **Elementos de control:** Se ocupan de que las condiciones de seguridad y el funcionamiento de la estación sean los correctos. Entre los sistemas de control destacan los equipos de medición de energía, las baterías, los condensadores, los sensores que informan del estado de la máquina y otros.
- **Elementos de telemando:** Una instalación eólica está conectada a un centro de operaciones al que llegan todos los datos referentes al comportamiento de los sistemas de la central; gracias a este sistema de telemando informatizado se pueden localizar posibles errores, comprobar parámetros de generación o disminuir las horas de mantenimiento.

Componentes principales de un aerogenerador

El aerogenerador es el corazón de la tecnología eoloeléctrica, ya que es la máquina que produce un movimiento de rotación aprovechando la fuerza del viento. Es la encargada de transformar la energía cinética del viento en energía mecánica, la cual posteriormente se transforma en energía eléctrica. El aerogenerador se compone de diferentes elementos, los cuales se presentan en la Figura 22 y posteriormente se describirán los principales componentes.

Figura 22: Componentes centrales de la turbina eólica



Fuente: <http://yancytavillafranco.blogspot.mx/>, consultado en marzo 2012.

➤ Rotor

Elemento que transforma la energía cinética del viento en energía mecánica. Se compone de tres partes fundamentales: los álabes, el eje (que transmite el movimiento giratorio de los álabes al aerogenerador) y el buje (que fija los álabes al eje).

Los álabes son los elementos más importantes, pues son los que reciben la fuerza del viento y se mueven gracias a su diseño aerodinámico. Están fabricados con resina de poliéster y fibra de vidrio sobre una estructura resistente, y su tamaño depende de la tecnología empleada y de la velocidad del viento a utilizar (Monroy, 2001).

La cantidad de energía que una turbina eólica producirá está determinada sobre todo por el diámetro del rotor, dicho diámetro define su “área de barrido”, o la cantidad de viento interceptado por la turbina eólica. Los álabes son giratorios para conseguir un cierto ángulo de ataque con respecto al viento, para así controlar la velocidad de giro del rotor e impedir que éste gire con vientos que son demasiado altos o bajos para producir

electricidad⁴⁵ (www.leonardo-energy.org/espanol, consultado en marzo de 2012).

➤ **Multiplicador**

Elemento conectado al rotor y que como su nombre lo indica, multiplica la velocidad de rotación del eje para alcanzar el elevado número de revoluciones que necesitan los dinamos⁴⁶ (generadores eléctricos) y los alternadores. Dentro de los multiplicadores se distinguen dos tipos: los de poleas dentadas y los de engranaje (Monroy, 2001).

1. *Multiplicadores de poleas dentadas*: Se utilizan para rotores de baja potencia.
2. *Multiplicadores de engranaje*: Este tipo de multiplicadores son utilizados principalmente en rotores de mediana y alta potencia, donde los engranajes están protegidos en cajas blindadas para evitar su desajuste y desengrasado.

Aunque la mayoría de los aerogeneradores tienen multiplicador, existen tecnologías que se han desarrollado donde los rotores no requieren de este componente para su óptimo funcionamiento.

➤ **Generador**

El generador convierte el movimiento de rotación de los álabes de la turbina eólica en electricidad, es decir su función es transformar la energía mecánica en energía eléctrica. El generador puede producir corriente alterna (AC)⁴⁷ o corriente continua (DC)⁴⁸, y existe en un amplio rango de potencias disponibles.

➤ **Góndola**

La góndola es el recinto que protege la caja multiplicadora, el generador y otros componentes que integran el aerogenerador. La góndola se puede retirar para

⁴⁵ Hay que mencionar que los rotores se clasifican, en función de su velocidad de giro, en rotores con velocidad de giro constante y con velocidad de giro variable. Para los rotores con velocidad de giro constante: la velocidad de giro se regula mediante sistemas mecánicos, de forma que, al controlar la velocidad de giro, se regula la potencia. En tanto que para los rotores con velocidad de giro variable, hay una mayor adaptación al viento, ya que la velocidad de giro depende de la fuerza de éste.

⁴⁶ Una dinamo o dínamo es un generador eléctrico destinado a la transformación de flujo magnético en electricidad mediante el fenómeno de la inducción electromagnética, generando una corriente continua.

⁴⁷ Es la corriente eléctrica alterna en la que la magnitud y el sentido varían cíclicamente. Este tipo de sistemas almacenan la energía eléctrica en alternadores (son generadores de corriente alterna).

⁴⁸ La corriente continua o corriente directa (en inglés DC, de *Direct Current*) es el flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial. A diferencia de la corriente alterna (AC en inglés), en la corriente continua las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección (es decir, los terminales de mayor y de menor potencial son siempre los mismos).

operaciones de mantenimiento (www.leonardo-energy.org/espanol, consultado en marzo de 2012). Es decir, es la estructura en la que se resguardan los elementos básicos de transformación de energía, a decir: eje del rotor, multiplicador, generador y sistemas auxiliares. “La góndola se compone de un bastidor, que es la base sobre la que se montan los mecanismos, y una carcasa, que generalmente se fabrica con poliéster y fibra de carbono y que, unida al bastidor, protege los elementos mecánicos” (Monroy, 2001: 3).

➤ **Sistema de orientación**

Dada la variabilidad en la dirección del viento, la misión del sistema de orientación es hacer que la turbina eólica se mantenga siempre con su plano perpendicular a la dirección del viento, de manera que la superficie enfrentada a éste sea siempre la máxima. Evidentemente, este subsistema sólo es necesario en las máquinas de eje horizontal, y no en las de eje vertical, que son "neutras" a la dirección del viento. Los sistemas de orientación son de tipo “pasivo” (mecánicos), o de tipo “activo” (eléctrico y electrónico). Dentro de los primeros el más difundido es el basado en una veleta, en tanto que en el segundo tipo son principalmente sensores.

➤ **Sistemas eléctricos**

Tienen la función de generar energía eléctrica y poner en funcionamiento los sistemas auxiliares (sistema hidráulico de orientación de los álabes, resistencias, sistema electrónico, iluminación, etc.). Estos sistemas eléctricos están formados por el generador y los elementos anexos a éste (interruptor, contador), y los elementos que, aunque no generan directamente energía eléctrica, están implicados en este proceso, a decir: condensadores, microprocesadores, fuentes de alimentación, etc. (Cuestas *et al.*, 2008).

El aerogenerador incorpora un sistema eléctrico con dos funciones diferenciadas:

1. La primera función de generación eléctrica propiamente dicha, se lleva a cabo mediante el generador, los contactos e interruptores y, a veces con la posible inclusión de una batería de condensadores para la compensación de energía reactiva.
2. La segunda función tiene como objeto la operación de los equipos auxiliares, como son los motores de orientación, el grupo hidráulico, tomas de corriente, resistencias calefactoras, iluminación general y alimentación del sistema

electrónico de control y comunicaciones.

Los diferentes equipos mencionados se encuentran en la góndola, sujetos al bastidor y protegidos por la carcasa, pudiéndose actuar a través de los armarios eléctricos, normalmente situados en la base de la torre. Algunos actuadores son redundantes, disponiendo en la propia góndola de la posibilidad de manejar algunos sistemas para realizar mejor las labores de operación, mantenimiento e inspección. Además como parte del equipo eléctrico se considera todo el cableado, propio de la máquina, tanto de los elementos de generación como auxiliares, incluida la red de tierras tanto para protección general como para protección ante descargas atmosféricas.

➤ **Torre**

La torre sostiene la turbina, la cual debe ser capaz de resistir rayos, vientos extremos, granizo, y formación de hielo. Como el viento se vuelve menos turbulento e incrementa su velocidad con la altura respecto al suelo, y la producción de potencia se incrementa sustancialmente con la velocidad del viento, incrementar la altura de la torre de 10 a 50 metros puede duplicar la energía del viento disponible. Se construye principalmente sobre una base de hormigón armado y fijado a ésta con pernos (Monroy, 2001).

Las turbinas de mediana y gran potencia se montan sobre una torre que tiene forma tubular y debe ser suficientemente resistente para aguantar todo el peso y los esfuerzos del viento, la nieve, y demás inclemencias de la naturaleza. En su base está generalmente el armario eléctrico, a través del cual se actúa sobre los elementos de generación y que alberga todo el sistema de cableado que proviene de la góndola. En el exterior tiene soportes en forma de escalera para acceder a la parte superior y por lo tanto, al aerogenerador. Respecto a la posición del eje, los aerogeneradores pueden ser de eje vertical (aerogenerador Darreius) o con los elementos de captación sujetos a un eje horizontal, los cuales son los más utilizados en la actualidad.

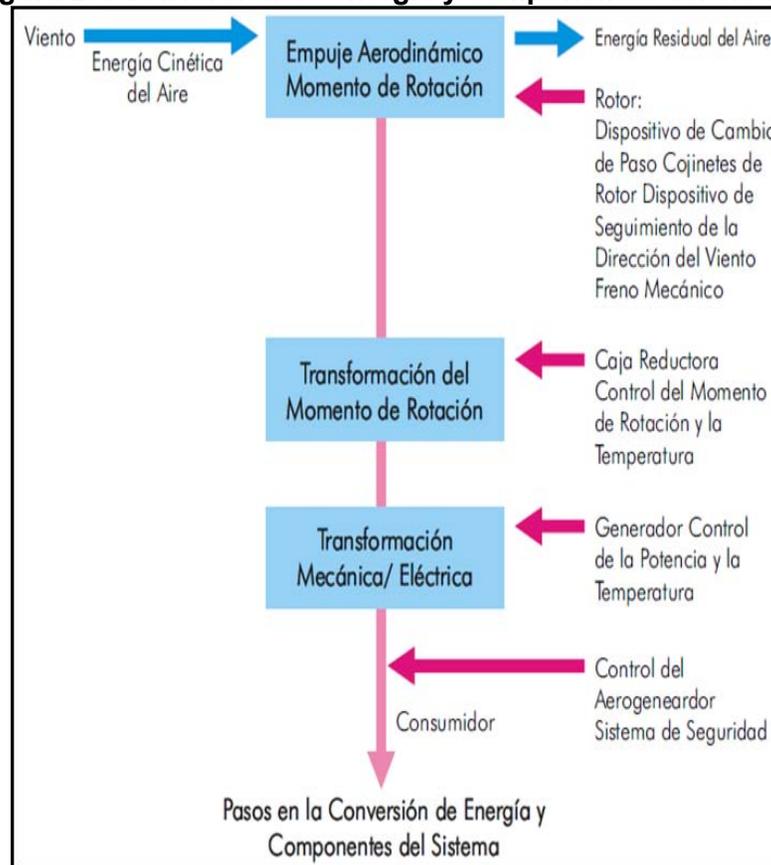
➤ **Sistemas de protección y control**

Los sistemas de control abarcan desde interruptores, fusibles y reguladores de la carga de baterías hasta sistemas computarizados de control de sistemas de orientación. La sofisticación de los sistemas de control y protección varía dependiendo de la aplicación de la turbina eólica y del sistema de energía que soporta. Finalmente hay que destacar que

la producción de energía por una turbina eólica o aerogenerador se da en función de la velocidad del viento. La relación entre la velocidad del viento y la potencia está definida por la curva de potencia, que es única para cada modelo de turbina y, en algunos casos, única para las características de un sitio determinado. Dependiendo de la potencia de generación de la turbina, así como de los recursos eólicos con los que se cuentan, se tendrá una producción eficiente de energía eléctrica, considerando que en todo proceso y sistema hay pérdidas, independientemente del recurso eólico con el que se cuenta.

En la Figura 23, se esquematizan los pasos principales en el proceso de conversión de la energía del viento a energía eléctrica en un generador eólico hasta la entrega de electricidad al pie del generador (Iannini, *et al.*, 2001).

Figura 23: Conversión de energía y componentes del sistema



Fuente: Iannini, *et al.*, (2001: 28).

En el próximo sub-apartado se presentan en qué consisten las diferencias entre la turbinas de gran potencia y pequeña potencia, ya que hay que aclarar existe una brecha tecnológica y de potencia entre una y otra. Y en el apartado 3.2 se abordará el tema del contexto eólico a nivel mundial.

3.1.3 Aerogeneradores de gran potencia vs de pequeña potencia

Hay que destacar que existe una gran diferencia a nivel tecnológico entre las turbinas de gran potencia con las de pequeña potencia ya que éstas últimas a pesar de tener una estructura similar a las grandes, el diseño de las turbinas de pequeña potencia es mucho más simple, por ejemplo dichas turbinas cuentan con sistemas de orientación pasivos, generadores eléctricos robustos de bajo mantenimiento, ausencia de multiplicadores, por mencionar algunos. Además de destacar que dada su sencillez de funcionamiento hace que, en general, estas pequeñas tecnologías puedan ser atendidas por los propios usuarios. En cambio las tecnologías de gran potencia son sistemas más complejos que cuentan con alrededor de 8,000 componentes diferentes.

En términos generales, los sistemas eólicos de pequeña potencia están basados en un rotor, un generador o un alternador montado en una estructura, una cola (normalmente), un mástil, cables, y los componentes eléctricos: controladores, inversores, y/o baterías. En este tipo de turbinas, como en el caso de las turbinas de gran potencia, existen turbinas de eje horizontal y eje vertical. Los sistemas eólicos de pequeña potencia se clasifican de acuerdo a la potencia de los aerogeneradores, los cuales se describen brevemente a continuación:

Microturbinas

Son aquellas cuya potencia nominal es menor a 3 KW y se utilizan para pequeños consumos de energía como: sistemas aislados de telecomunicaciones, alumbrado, carga de baterías para embarcaciones, etc. Generalmente producen electricidad para cargar baterías de almacenamiento. Presenta normalmente un generador eléctrico de imán permanente sin que haya caja multiplicadora de velocidad entre el eje del rotor del aerogenerador y el generador eléctrico.

En general estas tecnologías son rápidas, con eje horizontal de tres palas que trabajan a velocidades de rotaciones elevadas y generalmente variables.

Aerogeneradores de pequeña potencia

La potencia de estas máquinas oscila desde apenas unos kilovatios hasta el centenar. La Asociación Americana de Energía Eólica (AWEA) clasifica a los aerogeneradores de pequeña potencia como aquellos cuya potencia nominal sea menor de 100 KW, dividiéndolos en dos grupos: sistemas residenciales de 1 KW a 10 KW y sistemas comerciales de 21 KW a 100 KW. Por otra parte, la Asociación Alemana de Energía Eólica (BWE) clasifica los sistemas eólicos como residenciales hasta los 30 KW de potencia nominal. Y pueden ser tecnologías de eje vertical como horizontal.

Resulta importante subrayar las diferencias que existen entre las tecnologías eólicas de pequeña potencia y las de gran potencia, ya que en el análisis de capacidades tecnológicas que se presenta más adelante, no pueden ser equiparables las capacidades que se pueden desarrollar entre un tipo de tecnología y la otra, ni el nivel de innovación.

3.2 Energía eólica a nivel mundial

En la actualidad, se reconoce que la generación eoloelectrica es una actividad innovadora de alta tecnología que se está integrando a los sectores eléctricos de varios países en el contexto de la diversificación energética y como estrategia para la mitigación de los efectos del cambio climático (basadas en energías renovables⁴⁹). Hoy en día, la mayoría de los Gobiernos de países industrializados ya han instaurado programas e incentivos que fomentan el desarrollo de este tipo de energía. Las estrategias para la implantación y diseminación de esta tecnología se han venido ampliando y mejorando en función de la experiencia operativa y de las necesidades y oportunidades de cada país y cada región.

El concepto básico de los aerogeneradores⁵⁰ sugiere sencillez; sin embargo, las enormes máquinas que hoy en día convierten la energía del viento en electricidad (turbinas de gran potencia), son sistemas cada vez más complejos y sofisticados, ya que están compuestos

⁴⁹En la última década, los hechos han demostrado ampliamente que la generación eoloelectrica es una alternativa viable y que complementa favorablemente a la generación de energía eléctrica a partir de fuentes energéticas convencionales.

⁵⁰ La tecnología continúa avanzando a través del aumento en las dimensiones y eficiencia de las máquinas, pasando de las primeras que tenían una capacidad medida en decenas de kilovatios (KW), hasta máquinas de varios Megavatios (MW) que operan al día de hoy. De igual forma, la explotación de este recurso renovable ha migrado desde las zonas con viento en tierra hacia otras más complejas como el mar abierto (PEAER-SENER, 2009).

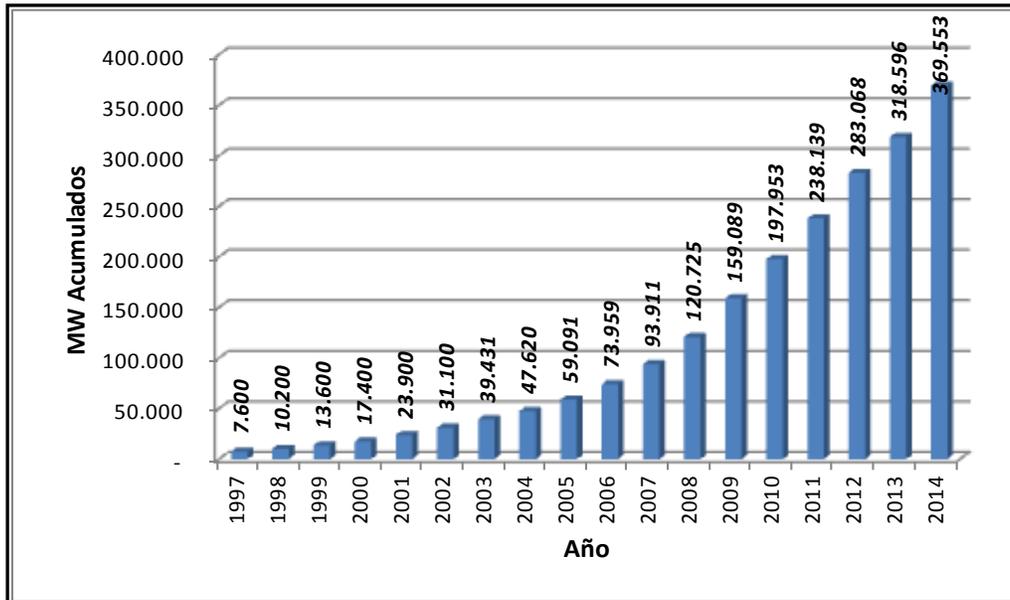
por subsistemas aerodinámicos, mecánicos, eléctricos, hidráulicos y electrónicos, cuyo desarrollo e integración ha presentado retos tecnológicos importantes con el objetivo de incrementar su eficiencia, que implica el incrementar su tamaño y utilizar mejores materiales (más resistentes por ejemplo). Asimismo, la integración de centrales eoloeléctricas a los sistemas eléctricos convencionales es un desafío tecnológico que hasta ahora se ha logrado superar en cierta medida. No obstante, aún queda mucho trabajo por hacer, principalmente en los países en desarrollo, ya que si el objetivo es lograr que la generación eoloeléctrica tenga un alto índice de penetración y eficiencia para que su contribución en el contexto de la diversificación energética sea relevante, requiere dirigir mayores esfuerzos técnicos y humanos para tal fin. En este sentido, es que los incentivos al aprendizaje y la construcción de capacidades tecnológicas locales en el sector, cobran un papel relevante para cumplir con el objetivo de un mejor y mayor aprovechamiento del viento como fuente para la generación de energía eléctrica.

3.2.1 El contexto eólico mundial

Según el Informe Global de Energía Eólica del 2013 (publicado en 2014) del Consejo Global de Energía eólica (GWEC, por su siglas en inglés), la capacidad instalada de energía eólica en todo el Mundo llegó a los 318,105 Megavatios (MW) al finalizar el 2013, en tanto que al finalizar el 2012 se contaba con una capacidad instalada de 283,194 MW, lo cual representa un crecimiento de 35,289 MW de nueva capacidad instalada de 2012 a 2013. Según el *Global Wind Statistics 2014* (GWS, 2014) del GWEC, al finalizar el 2014 en el Mundo ya se contaba con una capacidad instalada de 368,553 MW, lo que representa un incremento cercano al 16% respecto al 2013 (50,957 MW).

En la Figura 24 se puede observar, cual ha sido la evolución en la capacidad instalada de energía eólica a nivel mundial desde 1997 al 2014, la cual ha demostrado tener importantes crecimientos principalmente en el último lustro. Lo anterior es resultado de que la explotación de esta fuente de energía en los últimos años, se ha estado realizando fuera de aquellos países que históricamente han tenido una importante participación en la utilización de esta fuente de energía, como es el caso claro de China.

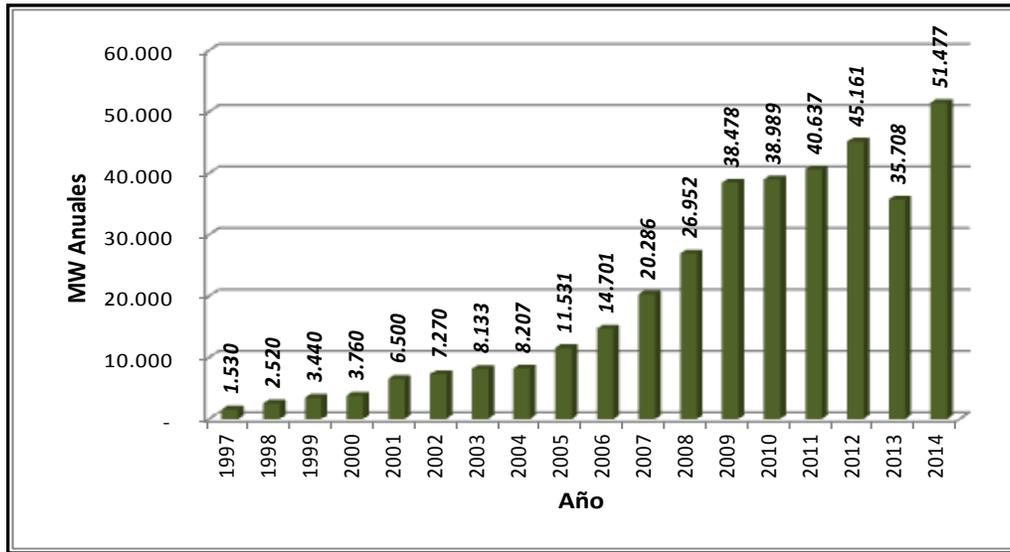
Figura 24: Capacidad acumulada de energía eólica instalada a nivel mundial (MW), 1997-2014



Fuente: Elaboración propia a partir del GWS-GWEC (2014).

Con lo anterior, queda claro que mercado global en el sector permanece en una senda de constante crecimiento, hasta cierto punto de manera sostenida. Se menciona que hasta cierto punto sostenida, ya que la capacidad anual instalada representó un descenso en el 2013, en comparación con el 2012, cuando las instalaciones globales superaron los 45,161 MW, en tanto que en el 2013 la capacidad instalada fue de 34,708 MW, sin embargo para el 2014 hubo un importante repunte con una capacidad anual instalada de 51,477 MW (ver Figura 25).

Figura 25: Capacidad anual de energía eólica instalada a nivel mundial (MW), 1997-2014

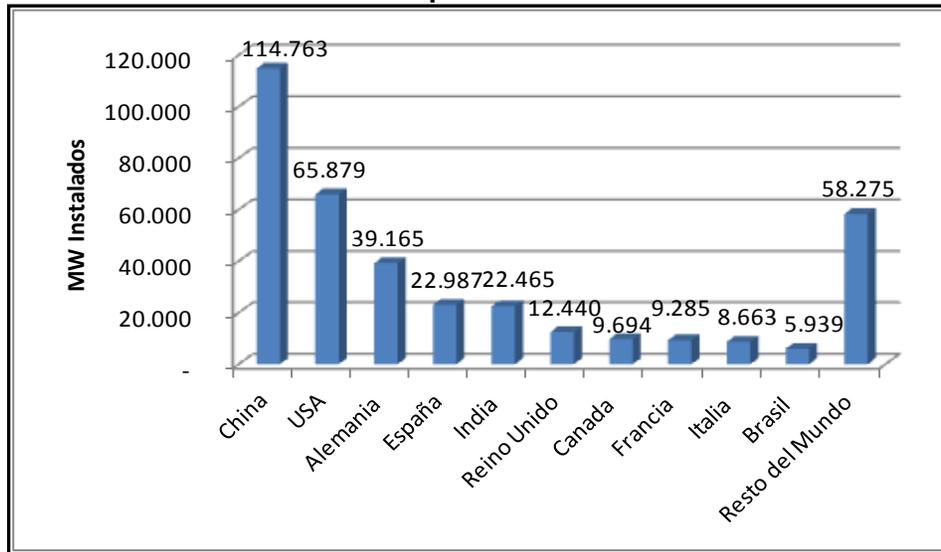


Fuente: Elaboración propia a partir del GWS-GWEC (2014).

Lo anterior de acuerdo con el GWEC (2013), indica que en los últimos años la mayoría de las instalaciones eólicas a nivel global se desarrollaron fuera de los países miembros de la OCDE, con la participación de nuevos países de diferentes continentes. Por ejemplo a finales del 2013 el número de países con más de 1,000 MW de capacidad instalada fue de 24, incluyendo 16 en Europa; 4 en Asia y el Pacífico (China, India, Japón y Australia); 3 en América del Norte (Canadá, México, EE.UU.) y 1 en América Latina (Brasil). A finales del 2013, seis países tenían más de 10.000 MW de capacidad instalada, incluyendo China (91.412 MW), los EE.UU. (61.091 MW), Alemania (34.250 MW), España (22.959 MW), India (20.150 MW) y el Reino Unido (10.531 MW).

Sin lugar a dudas el mayor dinamismo en la capacidad instalada en energía eólica se encuentra en Asia, siendo China el líder indiscutible, seguido de los Estados Unidos de Norteamérica, país que por muchos años ocupó el primer lugar en la capacidad instalada con esta tecnología. En la Figura 26 se presentan los diez principales países en capacidad instalada de energía eólica hasta el año 2014.

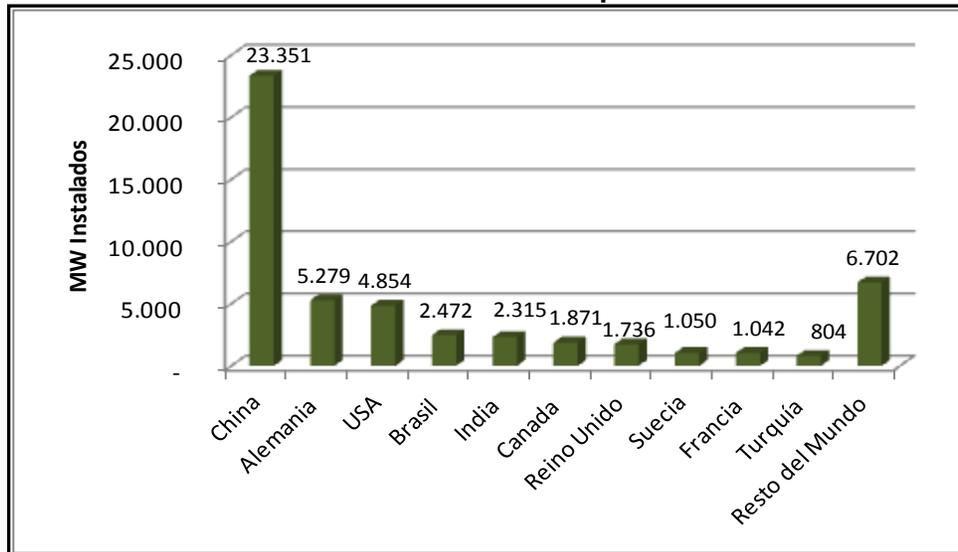
Figura 26: Líderes mundiales en capacidad Instalada acumulada al 2014 (MW)



Fuente: Elaboración propia a partir del GWS-GWEC (2014).

En los últimos años el rumbo del sector eólico mundial se alejó tanto de Europa como de Norteamérica. Desde el 2009 Europa ha ido paulatinamente perdiendo terreno frente a Asia, caso similar al de Estados Unidos de Norteamérica, por ejemplo en 2009 Europa representaba alrededor del 50% de la capacidad instalada a nivel mundial en tanto que Asia tan sólo el 20%, y para el 2014 Asia ha alcanzado poco más del 40% del total de la capacidad instalada en todo el Mundo. En donde destaca China, ya que en los último años es el país que ha tenido una participación más dinámica, lo que lo ha colocado como el líder mundial, y superando por mucho a su seguidor más cercano que es Estados Unidos de Norteamérica. Los líderes mundiales en la nueva capacidad instalada para el año 2014 se presentan en la Figura 27.

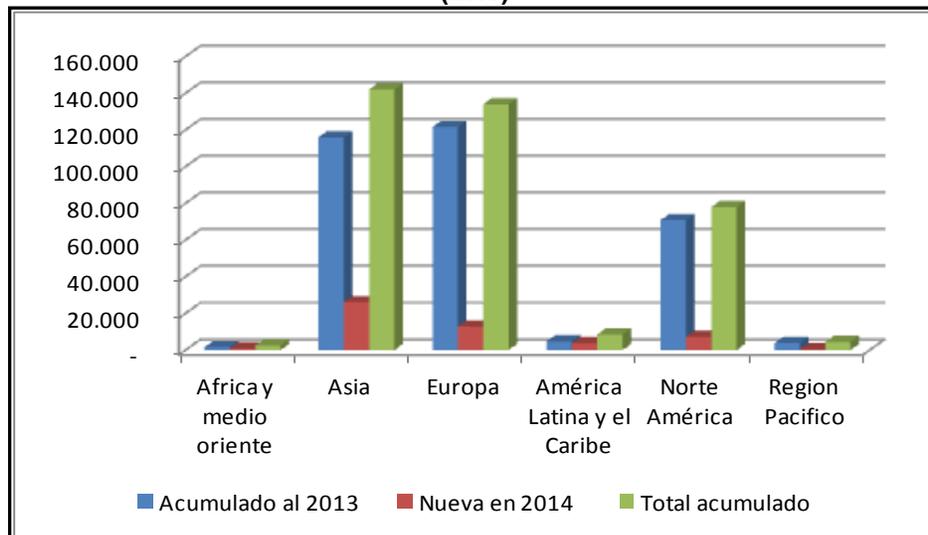
Figura 27: Países líderes mundiales en nueva capacidad Instalada del 2014 (MW)



Fuente: Elaboración propia a partir del GWS-GWEC (2014).

Las regiones históricamente líderes en la explotación de la energía eólica, como Europa y Norteamérica, se han visto en los últimos años desplazados por nuevos actores, como es el caso de Asia, región que gracias a China lidera la capacidad instalada por distribución regional. La distribución regional de la capacidad instalada en el Mundo se presenta en la figura 28.

Figura 28: Líderes mundiales por regiones en nueva capacidad Instalada del 2014 (MW)



Fuente: Elaboración propia a partir del GWS-GWEC (2014).

Respecto a las principales empresas manufactureras de equipo eólico en el Mundo, tenemos que en el año 2013, cerca del 70% de la producción global de aerogeneradores estuvo concentrado principalmente en diez empresas. Siendo Vestas de Dinamarca y Goldwind de China las que mayor cuota de mercado han obtenido, hay que destacar que dentro de las empresas más jóvenes en el mercado están las de origen chino, y las que se han colocado en el mercado de manera más fuerte (ver Cuadro 23). Lo anterior nos demuestra que el desarrollo tecnológico en el sector eólico se encuentra ubicado en sólo algunos países, un esfuerzo personal por desarrollar un mapa tecnológico donde se ubican las principales empresas manufactureras de aerogeneradores y su cuota de mercado se presenta en el Anexo 3.

Cuadro 23: Principales empresas manufactureras de aerogeneradores, y cuota de mercado, 2013

Empresa	País	Participación producción global	Ventas (USD, MDD)	Empleados
Vestas	Dinamarca	13.1%	8,378	15,497
Goldwind	China	11%	2,014	4,191
Enercon	Alemania	9.8%	619	2,560
Siemens	Alemania	7.4%	102,592	362,000
GE Wind	EUA	6.6%	146,045	307,000
Gamesa	España	5.1%	3,215	6,278
Suzlon Group	India	5.3%	3,430	N.D.
United Power	China	4.0%	N.D.	1,500
Mingyang	China	3.5%	N.D.	N.D.
Nordex	Alemania	3.3%	1968	2,543
Otros		30.5%	N.D.	N.D.

Fuente: REN21 2014 (RGSR, 2014), y PROMEXICO (2013).

Más adelante en el apartado 3.4, se analizará el caso de México en aprovechamiento eólico y por qué es uno de los países que tienen uno de los mayores dinamismos en su capacidad instalada con este tipo de tecnología en los últimos años dentro de la gama de las energías renovables en México.

3.2.2 El Protocolo de Kioto como incentivo para el desarrollo de la energía eólica en países en desarrollo

Conscientes de que los efectos del cambio climático no sólo se centran en las afectaciones al medio natural, además tiene implicaciones negativas sobre los sistemas económicos y sociales a nivel global, diversos Gobiernos decidieron conformar la

Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y ratificada mediante la firma del Protocolo de Kioto (PK), en el marco de la tercera Conferencia de las Partes (COP 3) realizada en Japón en 1997. En el mencionado protocolo, fueron desarrollados tres mecanismos de cooperación internacional cuyo objetivo es el impulso a la reducción de los GEI, principales causantes del calentamiento global.

Dichos mecanismos, llamados mecanismos flexibles del PK son: el Comercio Internacional de Emisiones (CIE); la Implementación Conjunta (IC); y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). La importancia de éste último mecanismo radica principalmente en que es el único que contempla la cooperación entre los países desarrollados (Países Anexo I, según la CMNUCC) y los países menos desarrollados⁵¹.

El MDL promueve la realización de proyectos que permitan la reducción de emisiones de GEI en países que no disponen de objetivos de reducción emisiones (Países no Anexo I), donde los beneficios para estos países se centran en la venta de Reducciones Certificadas de Emisiones (CERs⁵² por sus siglas en inglés) en el esquema de los mercados de carbono, en tanto que el beneficio para los países desarrollados es cumplir con sus compromisos de reducción de emisiones (al menos un 5%, dentro del periodo 2008 - 2012, tomando como base las emisiones del año 1990).

Para la realización de algunos de los proyectos MDL, un elemento fundamental es el impulso a la transferencia tecnológica proveniente de los países desarrollados hacia los países menos desarrollados, de esta manera, se contempla la necesidad de generar procesos que permitan el desarrollo, difusión, aplicación, despliegue, adecuación y transferencia de tecnologías tanto para adaptación, como para la mitigación de los efectos del cambio climático hacia los países no desarrollados, así como el fortalecimiento de las tecnologías endógenas de los países anfitriones de proyectos. De esta manera, la CMNUCC (1992) establece que mediante el PK (1997) y a través del MDL, que:

“Las Partes que son países en desarrollo y las demás Partes desarrolladas que figuran en el Anexo I tomarán todas las medidas posibles para promover, facilitar y financiar, según proceda, la transferencia de tecnologías y conocimientos prácticos ambientalmente sanos, o el acceso a ellos, a otros países Parte, especialmente las Partes que son países en desarrollo [...]. En este proceso, las Partes que son países

⁵¹También llamados Países no Anexo I o Anexo B.

⁵²Corresponde a una tonelada (métrica) de dióxido de carbono no emitido, reducido o secuestrado, mediante un proyecto MDL. Se calcula con base en el potencial de calentamiento global del GEI que es secuestrado.

desarrollados apoyarán el desarrollo y el mejoramiento de las capacidades y tecnologías endógenas de las Partes que son países en desarrollo.” (CMNUCC, 1992: 8).

Es así que se establece la transferencia tecnológica como un acto deliberado para dar solución a un problema global, que en el marco de los proyectos MDL en el corto plazo, resulta ser un acto mutuamente beneficioso para los participantes en términos económicos al incursionar en los mercados de carbono. Los proyectos MDL se encuentran dirigidos a fortalecer sectores prioritarios a decir: las energías alternas; el transporte; la industria; la agricultura; la silvicultura y la gestión de residuos, dicha áreas se dividen en categorías prioritarias para el desarrollo de proyectos MDL: 1) Industrias energéticas (renovables/no renovables); 2) Distribución de energía; 3) Demanda de energía; 4) Industrias manufactureras; 5) Industrias químicas; 6) Construcción; 7) Transporte; 8) Minas / producción mineral; 9) Producción metalúrgica; 10) Emisiones fugitivas de combustibles (sólidos, petróleo y gas natural); 10) Emisiones fugitivas de la producción y consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre; 11) Uso de solventes; 12) Disposición y manejo de desechos; 13) Forestación y reforestación; y finalmente 14) Agricultura.

Según Enciso (2011) China concentraba el 57 por ciento de los proyectos del MDL al 2011, en tanto que México, con el 1.4% del total de proyectos, ocupaba el quinto lugar, con la perspectiva de crecer en los próximos años, según informó Fernando Tudela, el entonces subsecretario de Planeación de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Tudela informó que en cinco años (2006 al 2011) México había registrado 126 proyectos ante la Junta Ejecutiva del MDL⁵³, donde diversos proyectos eólicos, tanto en operación como en construcción se encontraban aprobados o en proceso de validación.

El que se ratifiquen los compromisos del PK y, por lo tanto, que el MDL se mantenga, seguirá siendo un importante incentivo, no sólo para el desarrollo de proyectos eólicos, sino para todos los sectores prioritarios antes mencionados, en donde México (y en general muchos países en desarrollo) tiene grandes oportunidades de seguir colocando proyectos. Con esto se espera, además que los trámites de registro y validación sean cada vez más eficientes y rápidos, al considerar que actualmente los procesos pueden tardar hasta dos años.

⁵³ Nota periodística disponible en: <http://www.jornada.unam.mx/2011/02/09/sociedad/043n2soc>

Considerando el crecimiento que ha tenido el desarrollo de proyectos eólicos en los últimos años en diversos países en vías de desarrollo y en particular en México, es indiscutible que el área eólica cobrará gran relevancia e importancia en la acreditación de proyectos MDL.

La energía eólica juega un papel fundamental, considerando que México cuenta con importantes recursos eólicos, pero donde también la tecnología ligada a la explotación/exploración de esta energía tiene que ser mayoritariamente transferida desde los países desarrollados que cuenten con dichas tecnologías. Es así, que la energía eólica representa un importante reto para nuestro país, pero también se presenta como una importante ventana de oportunidad para crear procesos de aprendizaje, que permitan explotar de manera adecuada el potencial eólico nacional.

3.3 Éxitos internacionales en el aprovechamiento de la energía eólica

Actualmente la energía eólica ha logrado alcanzar un importante nivel de desarrollo, logrando demostrar que es económicamente competitiva frente a otras fuentes convencionales de energía, además de contar con la gran ventaja de ser una fuente de energía limpia y renovable. Hay que destacar que si bien el aprovechamiento del viento para la generación de energía eléctrica es una tecnología madura en muchas partes del Mundo, esta sigue evolucionando en una mayor eficiencia, lo que la convierte en una tecnología económicamente competitiva a nivel mundial, demostrando ser una de las energías alternativas de mayor y más rápido crecimiento en los últimos años.

En las últimas décadas, se desarrollaron e implementaron políticas de promoción de las energías renovables en diferentes países alrededor del Mundo, teniendo como ejes de actuación principales la determinación de los precios, el requerimiento de cuotas de producción, el sistema de comercialización preferente o el posible gravamen impositivo. Aunque gran parte de los países comparten objetivos semejantes en la política energética tales como: reducir el consumo de combustibles de origen fósil (para garantizar la seguridad energética), reducir el impacto ambiental del sector, ampliar el peso de energías de origen renovable y afrontar un nuevo desarrollo empresarial, es una realidad que las alternativas seguirán variando, en función de aspectos sociales, culturales, históricos, etc. (Regueiro, R., *et al.*, s.f).

Si bien el importante crecimiento de la energía eólica en el Mundo se concentró por muchos años en aquellos países históricos del continente europeo que han impulsado el desarrollo de esta tecnología como Holanda, Alemania, Dinamarca, etc. así como en los Estados Unidos de Norteamérica, en los años recientes han surgido casos exitosos en el aprovechamiento de esta fuente de energía, lo cual no sólo se ha limitado al crecimiento de su capacidad instalada sino en el desarrollo y consolidación de una industria ligada a esta fuente de energía, esto es el caso de España y China.

La situación y motivaciones son muy diversas, entre los principales productores mundiales de energía eléctrica de origen eólica, destacando el modelo desarrollado por Japón, Dinamarca y Holanda, que facilitó la participación de todos los agentes sociales implicados en el proceso, una iniciativa que derivó en una compensación más equitativa y en una aceptación social mayor. Situación diferente es la de España, donde fue impulsado por diferentes incentivos económicos y compromisos internacionales pero que derivó en una alta polarización social, principalmente por parte de los propietarios de la tierra. Y en el caso de China, gran parte de su impulso se dio como una manera de abastecer su creciente demanda energética y el potencial para desarrollar una industria local.

Pero en términos generales, como ya fue mencionado previamente, el impulso y principal incentivo para el aprovechamiento de la energía eólica obedeció a la crisis energética de 1973, el problema mundial del cambio climático que se ha agudizado en los últimos años ha sido un detonador para que los Gobiernos vean a la energía eólica (y en general todas las energías renovables) como una alternativa para enfrentar el problema. Además el desarrollo energético de esta naturaleza, es cada día mejor aceptado ante la sociedad, precisamente por sus impactos ambientales, pero también por los sectores productivos de diferentes países, al ver a esta fuente de energía como una forma de acceder a una fuente de energía más barata y/o segura que garantice las sostenibilidad de sus actividades productivas.

Como se puntualizó en los apartados anteriores China es el líder mundial en capacidad instalada y con una participación cada vez más importante en el sector industrial mediante esta fuente de energía. De la misma manera España, sigue siendo un referente en el sector ya que su industria se encuentra presente en casi todo el Mundo y principalmente en los nuevos mercado como es el caso de Latinoamérica, por tal motivo en el presente

apartado se describen brevemente cuales han sido los incentivos centrales desarrollados en estos países, que han permitido ser puntos de referencia en todo el Mundo.

3.3.1 La industria eólica en España, un referente mundial

El interés por el aprovechamiento de la energía eólica en España se remonta a 1979 cuando el Ministerio de Industria y Energía Española través del Centro de Estudios de la Energía, puso en marcha un programa de I+D para el aprovechamiento de la energía eólica y su conversión en electricidad. El primer paso fue el diseño y fabricación de una máquina experimental, de 100 KW a una velocidad de viento de 12 metros por segundo (m/s). Su objetivo fue facilitar el proyecto de grandes aerogeneradores con potencias del orden de 1MW. La máquina, estaba formada por una aeroturbina de eje horizontal con tres álabes de fibra de vidrio y poliéster de 20 metros de diámetro. Para su emplazamiento se hizo un estudio previo de las curvas de potencial eólico en España, realizado en el Instituto de Técnica Aeroespacial (INTA), escogiéndose la región de Tarifa por ser la que presenta un mayor número de horas de viento al año con un régimen de gran uniformidad y una intensidad (densidad de potencia) de más de 500 W/m² de media anual⁵⁴.

El estudio de la potencia eólica española se realizó por el Centro de Estudios de la Energía en colaboración con el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, para ello se inició un análisis de datos que permitió trazar un mapa del potencial existente. Como consecuencia de estos trabajos previos, se decidió construir la planta experimental en Punta de Tarifa (Cádiz), pasando en 1983 a la segunda fase del proyecto, consistente en las pruebas de la máquina.

Estos fueron los inicios, que permitieron en el año de 1995, que España se posicionara como un referente en términos de potencia de energía eléctrica de origen eólica. Lo cual fue posible gracias a diversas causas, las cuales se enumeran a continuación:

- La producción eléctrica está apoyada por un marco legislativo favorable, que bonifica los precios de la energía generada, permitiendo prever una rentabilidad razonable de los parques.
- Algunas comunidades autónomas establecieron regulaciones propias en los procedimientos de autorización de instalaciones eólicas (destacando Galicia,

⁵⁴ Información disponible en: http://html.rincondelvago.com/energia-eolica_8.html (consultada: agosto de 2014)

Navarra y Aragón), que trataron de aprovechar la situación favorable del recurso eólico en su territorio.

- El impulso a procesos de aprendizaje tecnológico por parte del sector público y productivo con el fin de acumular capacidades tecnológicas que permitieran aprovechar potencialidades del recurso eólico (incursión en procesos de I+D).
- El avance tecnológico y de fabricación en serie de aerogeneradores y otros componentes, a través de la conformación de industrias con tecnologías pioneras en este campo.
- La disminución de los costes de inversión y de explotación, y mejora del marco financiero (incentivos fiscales a productores tecnológicos y desarrolladores locales).
- El interés general por parte de la sociedad, favorable para el aprovechamiento de las energías renovables.

En la actualidad se reconoce la importante y consolidada cadena de suministros que ha logrado configurar la industria española en torno a este sector, la cual se puede dividir en cuatro grandes sub-sectores: 1) promotores de parques eólicos/productores de energía, 2) fabricantes de aerogeneradores, 3) fabricantes de componentes específicos (por ejemplo: rodamientos, multiplicadoras) y 4) servicios anexos (por ejemplo: ingeniería y consultoría, servicios financieros, soluciones tecnológicas). La apuesta realizada por la energía eólica en España ha propiciado que se desarrollen en dicho país todos los eslabones de la cadena de valor, incluyendo empresas líderes a nivel mundial en cada uno de ellos. Más de cuarenta empresas del sector han logrado consolidarse en los principales mercados mundiales, principalmente en Europa, Latinoamérica, Estados Unidos de Norteamérica, Australia y China (Espejo y García, 2012). Algunas de estas empresas que se han logrado consolidar en uno o varios eslabones de la cadena de valor, en los que se pueden mencionar: Acciona Energía (álabes, ensamblaje de aerogeneradores, desarrollo de proyectos, etc.), Gamesa (torres y componentes mecánicos, ensamblaje de aerogeneradores, generadores y componentes eléctricos, álabes, multiplicadoras y desarrolladores de proyectos), Alstom *Wind Power* (ensamblaje de aerogeneradores, componentes eléctricos, fabricación de torres, sistemas de control, desarrolladores, etc.), Iberdrola Renovables (desarrollador y operador); 3M España S.A. (Generadores y componentes eléctricos), estas sólo por mencionar algunas ya que en España participan empresas en toda la cadena de valor, muchas de las cuales se

encuentran presentes de manera importante en los proyectos eólicos de México⁵⁵.

Una de las empresas a destacar en el sector eólico no sólo en España sino a nivel mundial es la empresa Gamesa, nacida en 1976 como una empresa innovadora en el ámbito tecnológico. Su incursión en el sector de las energías renovables fue con una licencia tecnológica para fabricar aerogeneradores y en tan sólo algunos años consiguió desarrollar tecnología propia y exportarla a Europa y América. Actualmente diversas empresas españolas tiene su fabricación distribuida en Europa, Estados Unidos de Norteamérica y China, además comercializa sus productos por todo el Mundo (Espejo y García, 2012). Desde noviembre de 2010 Gamesa coordina, junto con otras 10 empresas y 22 centros de investigación, el proyecto Azimut, Energía Eólica Offshore 2020. En el mismo participan también Alstom Wind, Acciona Windpower, Iberdrola Renovables y Acciona Energía; así como Técnicas Reunidas, Ingeteam, Ingeciber, Imatia, Tecnitest Ingenieros y DlgSILENT Ibérica.

Políticas en el fomento a la energía eólica en España

Las políticas energéticas de los países desarrollados y principalmente los pertenecientes a la Unión Europea, tienen tres objetivos básicos: 1) aumento de la competitividad de la economía con mejora de la eficiencia energética, 2) integración de los objetivos medioambientales, y 3) seguridad en el abastecimiento (diversificación de la matriz energética). Como instrumentos de política energética para lograr estos objetivos se presentan la diversificación de fuentes energéticas y sus procedencias, la mejora de eficiencia en el uso de la energía y su conservación, la I+D de nuevas tecnologías, y la cooperación entre países y empresas. La creciente preocupación social por la protección del medio ambiente lleva a la regulación de numerosos aspectos tendentes a aminorar el impacto de las actividades energéticas sobre el mismo. En el siguiente Cuadro se presentan las principales políticas implementadas en el fomento a la energía eólica (y/o energías renovables) en España y que lograron que se pudiera convertir en un referente exitoso en pocos años.

⁵⁵ Las principales empresas relacionadas con la industria eólica en España se presenta en el Anexo 5.

Cuadro 24: Políticas de fomento a las energías renovables y la energía eólica en España

Política o norma	Principal objetivo o función
<i>Ley 54/1997 del sector eléctrico</i>	Establece los principios de un nuevo modelo de funcionamiento basado en la libre competencia. Se da una libertad efectiva en cuanto a la instalación de centrales generadoras, es decir, no se limita la entrada en el mercado a ninguna instalación por razones de política energética o determinaciones de la planificación.
<i>Real Decreto 2818/1998 (sobre producción de energía eléctrica a partir fuentes de energía renovables)</i>	Impulsa el desarrollo de instalaciones de régimen especial mediante la creación de un marco favorable sin incurrir en situaciones discriminatorias que pudieran ser limitadoras de una libre competencia, aunque estableciendo situaciones diferenciadas para aquellos sistemas energéticos que contribuyan con mayor eficacia. Para las instalaciones basadas en energías renovables y de residuos, el incentivo establecido no tiene limite temporal debido a que resulta necesario internalizar sus beneficios medioambientales ya que, por sus especiales características y nivel tecnológico, sus mayores costes no les permiten la competencia en un libre mercado.
<i>Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000-2010</i>	Establece el objetivo de desarrollo a alcanzar por cada una de las áreas de energías renovables para cubrir, en su conjunto, al menos el 12% del consumo en términos de energía primaria en España en el año 2010.
<i>Real Decreto 436/2004</i>	Establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial (para energías renovables). En su artículo 34 expone que cuando se alcancen los 13,000 MW de potencia instalada, se procederá a la revisión de la cuantía de las tarifas, incentivos y primas expresadas en el mismo.
<i>Plan de Energías Renovables en España 2005-2010 (PER)</i>	Constituye la revisión del Plan de Fomento de las Energías Renovables en España 2000-2010 hasta entonces vigente. Con esta revisión trata de mantener el compromiso de cubrir con fuentes renovables al menos el 12% del consumo total de energía al 2010. Sin embargo, propone una distribución diferente de los esfuerzos por áreas, de manera que sea posible la consecución del objetivo global. También incorpora los otros dos objetivos indicativos adoptados con posterioridad al anterior Plan: 29.4% de generación eléctrica con renovables y 5.75% de biocarburantes en transporte para el año 2010.
<i>Real Decreto 661/2007</i>	Sustituye al Real Decreto 436/2004 y da una nueva regulación a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, manteniendo la estructura básica de la existente. Su marco económico garantiza a los titulares de estas instalaciones una retribución razonable para sus inversiones y a los consumidores finales eléctricos una asignación racional de los costes imputables al sistema eléctrico.
<i>Real Decreto 661/2007 (transitoria 7a)</i>	Contempla la repotenciación de instalaciones eólicas, es decir, sustituir sus aerogeneradores por otros de mayor potencia, en unas condiciones determinadas.
<i>Real Decreto 6/2009</i>	En él se plantea que se hace necesario adoptar una medida de urgencia que garantice la necesaria seguridad jurídica a aquellos que han realizado inversiones, y ponga las bases para el establecimiento de nuevos regímenes económicos que propicien el cumplimiento de los objetivos pretendidos: la consecución de unos objetivos de potencia por tecnología a un coste razonable para el consumidor y la evolución tecnológica de las mismas que permita una reducción gradual de sus costes y por consiguiente su convergencia con las tecnologías convencionales.
<i>Real Decreto 1614/2010</i>	Se regulan y modifican determinados aspectos de carácter económico para las instalaciones de tecnologías eólicas y solar termoelectrica. Esta nueva norma garantiza que los parques eólicos volverán a percibir los niveles de diciembre de 2010 a partir de 2013, y que las revisiones futuras de las tarifas no afectarán en ningún caso a las instalaciones en funcionamiento.

<p>Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (abril de 2009)</p>	<p>Fija como objetivos generales conseguir una cuota del 20% en energía procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía en la Unión Europea para el año 2020. Se plantea la necesidad de aprovechar el amplio potencial eólico todavía sin aprovechar, tanto en tierra como mar adentro – plasmado en los ambiciosos objetivos que contemplan las planificaciones energéticas autonómicas–, como los esfuerzos del Operador del Sistema Eléctrico Español (Red Eléctrica de España) y de la industria eólica –mediante la incorporación de nuevas herramientas de gestión, requisitos de operación y continuas mejoras tecnológicas–, para maximizar la penetración eólica en el sistema.</p>
---	---

Fuente: Elaboración propia a partir de Espejo y García, (2012).

Para España, sus objetivos en el sector eólico se han podido mantener y hasta superar, gracias a las normatividades y las diferentes causas anteriormente expuestas, que pueden resumirse en los siguientes puntos y que podrían seguir siendo determinantes para un mayor crecimiento del sector en este país:

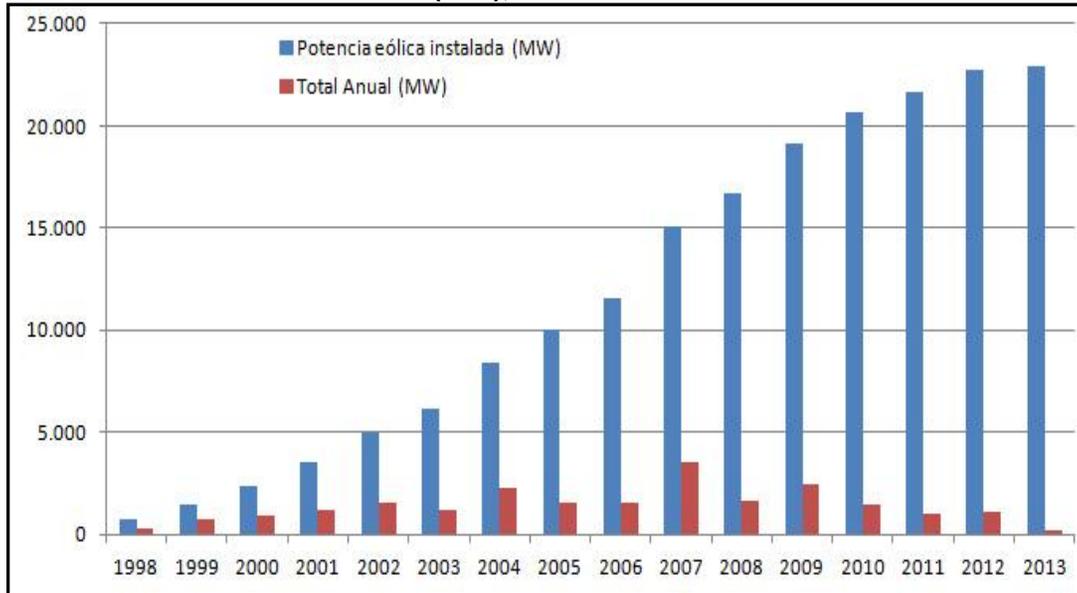
- Amplio potencial eólico todavía sin aprovechar.
- Normativa favorable, que ha permitido consolidar la confianza y el interés de los promotores.
- Sector industrial maduro con muy elevado nivel tecnológico y capacidad de fabricación nacional.
- La planificación de los Gobiernos autónomos soportan los objetivos planteados.
- La incorporación de mejoras tecnológicas en el comportamiento de los aerogeneradores frente a la red, permitirá un alto grado de penetración de la energía eólica, sin afectar a la red de abastecimiento eléctrico.

La energía eólica es de tal importancia en España, que según la Asociación Empresarial Eólica (AEE), ésta fuente de energía en 2013 se colocó como la primera fuente de generación eléctrica en España con una capacidad instalada cercana a los 23,000 MW, esto ocurre por primera vez en la historia. Según el Informe Anual del GWEC (2013), España es el cuarto país del Mundo por su capacidad eólica instalada, detrás de China (91,412 MW), Estados Unidos de Norteamérica (61,091 MW) y Alemania (34,250 MW), es así que esta tecnología fue la primera en el sistema eléctrico en 2013, con una producción de 54.478 GWh y una cobertura de la demanda eléctrica del 20,9%⁵⁶. La evolución que España ha tenido en su capacidad instalada a partir de la energía eólica se presenta en la

⁵⁶ Información disponible en: <http://www.aeeolica.org/es/sobre-la-eolica/la-eolica-en-espana/> (Consultado en septiembre de 2014).

Figura 29.

Figura 29: Evolución anual y acumulada de la capacidad eólica instalada en España (MW), 1998-2013



Fuente: Asociación Empresarial Eólica (2013).

Finalmente es necesario destacar que actualmente el sector eólico español y en general todas las energías renovables, se enfrenta a una Reforma Eléctrica⁵⁷ (RDL 9/2013) promovida por la actual administración de Mariano Rajoy, Reforma que no sólo frenaría el crecimiento de las energías renovables sino que llevaría al cierre de plantas que ya operan. Lo anterior al considerar que las nuevas normativas de dicha Reforma buscan eliminar el sistema de apoyo a las energías renovables vigente desde hace casi dos décadas (y la que permitió el desarrollo eólico español) y que además penaliza, de forma retroactiva, a quienes invirtieron en el desarrollo de las energías renovables. Reforma que ha sido fuertemente criticada por la Unión Europea ya que de aplicarse la Reforma iría en contra de los compromisos de reducción de emisiones mediante una mayor presencia de las energías renovables de la Unión Europea (lo cual ya se vio reflejado al

⁵⁷ El 13 de julio de 2013 se publicó el Real Decreto del Ley 9/2013 (RDL 9/2013), mejor conocido como la “Reforma Eléctrica”, el cual tienen como objetivo reducir lo que se denomina Déficit Tarifario y dar estabilidad al sistema eléctrico español y evitar una escalada de precios en la tarifa eléctrica. Sin embargo, el real decreto no reduce las causas reales del Déficit Tarifario y por contra es aprovechado para cargar contra las energías renovables y afianzar el régimen monopolista del mercado eléctrico español.

finalizar el 2014 que sumo in incremento raquíico se 26 MW).

Según Greenpeace, la Reforma Eléctrica española del 2013, es un claro retroceso en la política energética del Estado. “Es insostenible para la economía, el medioambiente y la sociedad, y es una iniciativa elaborada al margen de la ciudadanía. Es necesaria una reforma que elimine las barreras que obstaculizan el ahorro, la eficiencia y el empleo de energías renovables. Las energías renovables son las menos contaminantes y las más baratas, ya que se obtienen a partir de fuentes limpias e inagotables y, al generarse localmente, evitan los costes de importación”⁵⁸. Dichos beneficios los ha logrado detonar España, por lo cual, sería un retroceso para el país de no seguir apoyando la explotación de dichas fuentes de energía.

Ahora en el siguiente apartado se presenta un breve análisis de los incentivos y componentes que han consolidado a China como el líder en la explotación de la energía eólica.

3.3.2 La industria eólica en China, un nuevo referente mundial

China inició el proceso de desarrollo de la energía eólica a partir del año 1986, caracterizándose por establecer una política energética muy débil y sin protección para los inversores privados, permitiendo que los Gobiernos regionales tuviesen competencias para aprobar el desarrollo de proyectos energéticos sin requerirse la autorización del Gobierno central, no estableciéndose incentivos para la implantación de parques eólicos, lo que generaba que el precio del KWh proveniente de la energía eólica no pudiera competir, con la energía del carbón y otras fuentes de energía fósil, la cual se encontraba fuertemente subsidiada. A partir del año 1994, los desarrollos eólicos de gran potencia comienzan a instalarse, esto al difundirse la idea de que la consolidación de la energía eólica, así como otras fuentes renovables de energía, podrían reducir las fuertes cargas ambientales que amenazaban al país y que podrían tener repercusiones políticas (por los compromisos internacionales para el combate al cambio climático). Paralelamente fueron surgiendo fuertes barreras que resultaban limitantes del desarrollo eólico, tales como:

- Al no disponer de tecnología propia, los costes de instalación de los aerogeneradores incluían los precios de importación de los mismos, junto con los

⁵⁸ <http://www.greenpeace.org/espana/es/Trabajamos-en/Frenar-el-cambio-climatico/Revolucion-Energetica/Reforma-energetica/> (Consultado en septiembre de 2014).

costes de transacción y los gastos de servicios locales.

- La falta de coordinación entre las agencias públicas competentes en la materia y las autoridades gubernamentales para actuar, lo que generaba una fuerte burocratización además de una deficiente y poca transparencia en la coordinación entre ellas, pues existían tres agencias con competencias en energía y no estaban delimitadas de forma clara las competencias para cada una de ellas (Lema y Ruby, 2007).

Sin embargo como lo menciona Regueiro, *et al.*, (s.f), hubo voluntad política para resolver dichas barreras, lo cual queda claro con la reforma realizada entre los años 2002 y 2006 que puso de manifiesto una nueva política energética en materia eólica, tratando de alcanzar precios competitivos en la producción de electricidad, a pesar de que la inversión privada era mínima y los precios del KWh eólico seguían sin ser competitivos.

La Ley de Energías Renovables que entró en vigor el 1 de enero de 2006, trato de establecer un entorno más favorable para un medio ambiente gravemente deteriorado, a través de una serie de objetivos:

- Reducir la altísima dependencia del carbón.
- Limitar la utilización del petróleo para aminorar su fuerte dependencia al exterior.
- Apoyar el desarrollo de las energías renovables, para poder alcanzar el umbral del 30% de los recursos energéticos en el año 2030 (Ríos, 2008).

Se implantó un modelo de concesiones públicas que, definido y vigilado por la Comisión de Planificación Energética del Gobierno chino, pretendía una combinación de incentivos y de regulaciones que garantizaran los máximos beneficios para todos los agentes partícipes del negocio eólico (Lema y Ruby, 2007). Este modelo se asentó sobre cuatro premisas básicas:

- i. Impulsar la competencia entre las empresas promotoras, reduciendo sus beneficios empresariales y haciendo que el precio del KWh de origen eólico tendiese a reducirse.
- ii. El control total y efectivo del proceso de concesiones estaría en manos de las autoridades centrales a fin de que los diseñadores de políticas energéticas facilitasen la creación de grandes parques eólicos, creando economías de

escala y reduciendo los costes de acceso a la red eléctrica. Las empresas encargadas de distribuir la energía eléctrica a la red tendrían que encargarse de la adaptación de las líneas de transmisión.

- iii. Favorecer el asentamiento de empresas eólicas extranjeras, para reducir el coste de los equipamientos a largo plazo, además de establecer un porcentaje de participación a las entidades locales, como condición necesaria para poder participar en el sistema de concesiones. El interés se centraba en establecer fábricas de ensamblaje de aerogeneradores y de desarrollo de tecnología propia, creando empleo de la población (con el objetivo de beneficiar a la sociedad con la difusión de esta iniciativa empresarial).
- iv. Posibilitar la participación de capital extranjero en la financiación de los parques eólicos a desarrollar.

El Gobierno chino amplió su apoyo a las energías renovables, y, de forma destacada, a la eólica, con exenciones y reducciones de impuestos. Finalmente, se dio un notable desarrollo de la energía eólica, con características particulares, las cuales se describen a continuación:

- La mayoría de los parques eólicos fueron construidos por filiales de empresas de servicios públicos locales, existiendo además un sistema de préstamos o donaciones para parques eólicos preexistentes.
- No hubo una política de precios específicos para energía eólica siendo tratada como cualquier energía convencional, frenando que tuviese un mayor desarrollo. El precio de compra era negociado cada año, basado en el precio del petróleo y en los costes de generación. Con lo anterior, surgió el Programa de Concesiones Eólicas y la Nueva Ley de Energía Nacional Renovable, que redefinió el papel de los Gobiernos locales o provinciales, haciéndolos garantes del proceso de concesiones, conscientes de los beneficios fiscales que perciben y del impulso de la economía local.

Políticas en el fomento a la energía eólica en China

Una realidad para China sin lugar a dudas, es la necesidad de acceder a nueva tecnología para la generación de energía con el fin de sostener el rápido crecimiento de su industria y por lo tanto, de sus requerimientos energéticos, por tal motivo se ha impulsado la consolidación de una industria para el desarrollo de las energías renovables.

Para conseguir dicho objetivo han tenido que adoptar o modificar diversos marcos normativos, tal es el caso de la Ley de Energías Renovables de la República Popular de China, promulgada en febrero de 2005, en la cual se estableció como objetivo diversificar el suministro de energía, salvaguardar la seguridad energética, proteger el medioambiente y alcanzar un desarrollo sostenible. Esta normativa así como otras políticas previas han permitido que actualmente China se ubique como el líder mundial en al aprovechamiento de la energía eólica en conjunto con otras energías renovables tales como la hídrica y solar. A continuación se presentan cuáles y en qué consisten las principales políticas públicas y regulaciones que han impulsado al sector eólico en China.

Cuadro 25: Políticas y regulaciones en el fomento a la energía eólica en China

Año	Política	Principal objetivo o función
1994	<i>Las disposiciones para la gestión de parques eólicos conectados a la red</i>	El antiguo Ministerio de Energía Eléctrica estipulaba la compra de la energía eléctrica a precios preferenciales, donde el precio era calculado en base a la sumatoria de todas las fuentes de energía.
1996	<i>Programa Nacional de Alta Tecnología para la I+D</i>	Entre otras cosas se impulsó la I+D en turbinas de mediana y gran potencia, para lo cual se partía de programas de transferencia que obligaban a desarrollar prototipos con el 40% de componentes locales. Este programa derivó en que se estableciera el 50% de contenido local en las turbinas manufacturadas en China.
1997	<i>Programa Eólico</i>	Deja claro el interés de promover programas de I+D para la manufactura de equipos en territorio nacional pero sobre todo por el desarrollo de turbinas eólicas domésticas. Esto da inicio al desarrollo de una industria eólica local.
1998	<i>Modificaciones a los derechos de importación de turbinas y componentes eólicos</i>	De 1990 a 1995 la importación de turbinas estuvieron libres de aranceles, esto para promover el desarrollo de la energía eólica, sin embargo en 1996, la Administración Aduanera inició el cobro de derechos como a cualquier producto importado, pero si contenía un porcentaje de contenido local establecido se realizaba un descuento. Y en 1998 quedaron exentas de impuestos los componentes y tecnologías que servían para la manufactura local.
2001	<i>Programa Nacional de Alta Tecnología para la I+D (863 programas), plan quinquenal</i>	Incluía el apoyo a empresas para la I+D en diferentes áreas como: turbinas de mayor capacidad, generadores, rotores, álabes, etc., además apoyos fiscales mediante la reducción a impuestos al valor agregado (IVA) que pasó del 17 al 8% para la generación de la energía eólica.
2003	<i>Programa de concesión de viento</i>	En un principio obligaba a los desarrolladores a cumplir con el 50% de componentes locales de las turbinas instaladas y que se incrementó a 70% en 2004.
2005	<i>Aviso sobre los Requisitos Pertinentes de la Administración para la Construcción de Parques Eólicos</i>	Se encuentra fundamentada en el: 1) Catálogo Nacional de Orientación para el Desarrollo de la Industria de la Energía Renovable (en donde se establece el requerimiento en I+D para cada una de las energías renovables) y 2) Medidas para la Operación y Gestión de Proyectos para el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en China (con el fin de establecer prioridades en las CERs ⁵⁹ por proyectos)
2006	<i>Ley de Energías</i>	Abalada en 2005 y entra en vigor en el 2006, establece el marco legal

⁵⁹ Reducciones Certificadas de Emisiones

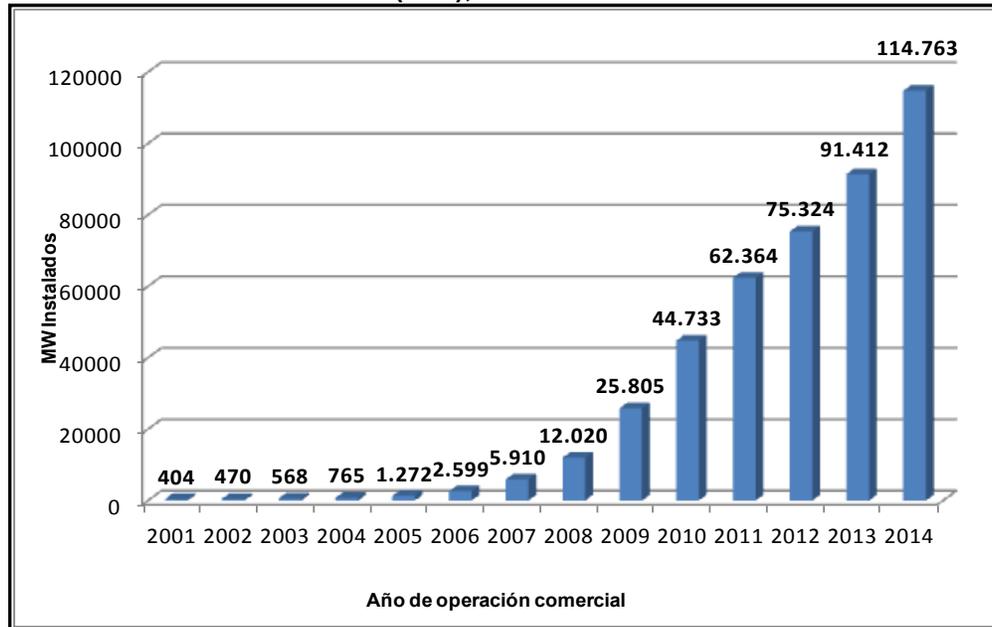
	<i>Renovables de la República Popular China</i>	para el aprovechamiento de las energías renovables en China, y en la cual se contiene: 1) las medidas provisionales sobre los precios de la electricidad proveniente de energías renovables y la gestión de costos compartidos, y 2) los lineamientos del Programa Nacional de Alta Tecnología para el I+D (para el desarrollo y comercialización de turbinas de 2 y 3 MW).
2007	<i>Medidas provisionales sobre la asignación de los ingresos de la sobretasa renovable y Plan de mediano y largo plazo para el desarrollo de la energía renovable</i>	Se establece precios competitivos de las renovables en el mercado interno. Se establece como meta que para el 2010 el 10% de la energía primaria provenga de energía renovable y 15% para el 2020.
2008	<i>Plan quinquenal para el desarrollo de energías renovables</i>	Establece las regiones con mayores potenciales para el desarrollo de proyectos así como los requerimientos para las líneas de transmisión y distribución. Así mismo se establecen programas especiales para el desarrollo de una industria local competitiva a nivel internacional mediante diversos apoyos fiscales. La industria tiene que ser apta a los requerimientos tanto a nivel local como internacional.
2009	<i>Mejoras a la Política Tarifaria de la Energía Eólica Conectada a la Red y Enmiendas a la Ley de Energías Renovables</i>	Estandarización de tarifas en todo el territorio mediante la implementación de cuatro categorías, partiendo de su potencia de generación. La enmienda consiste en incluir compensaciones y subvenciones por los costos adicionales en los que incurren los privados por la interconexión a la red.
2010	<i>Normas acceso y manufacturación de los equipos eólicos y Medidas para la Administración de la energía eólica Offshore (mar adentro)</i>	Impulso al desarrollo de equipos más potentes, mayores a los 2.5 MW, mediante apoyos a proyectos de I+D para competir local e internacionalmente. Se crean las reglas generales para el desarrollo de los primeros proyectos <i>offshore</i> , para lo cual se crean incentivos fiscales para turbinas y componentes de este tipo de proyectos.
2011	<i>Fortalecimiento en la gestión para la integración de plantas de eólicas en la red y operación</i>	Se busca la estabilización de la energía en red para mayor eficiencia de la tecnología interconectada (existe un plan de subsidios para la interconexión a de plantas eólicas a la red). Y la implementación de métodos de gestión provisionales para la predicción de energía eólica.

Fuente: Elaboración propia a partir de Lewis, J., (2012).

Por sus diversas reformas energéticas y su política industria, al finalizar el 2014, la capacidad instalada de generación de energía eólica en China alcanzo 114,763 MW de capacidad instalada⁶⁰, lo que representa un incremento de más del 25% respecto al 2013, y con lo cual ubica en el primer lugar en la capacidad instalada a nivel mundial. La evaluación del aprovechamiento de la energía eólica en China se presenta en la Figura 30.

⁶⁰ Información disponible en: *Global Wind Report* (2013) y del *Global Wind Statistics* (2014) del *Global Wind Energy Council* (GWEC), <http://www.gwec.net/>

Figura 30: Evolución anual y acumulada de la capacidad eólica instalada en China (MW), 2001-2014



Fuente: GWEC, (2013) y GWS-GWEC (2014).

Esta importante evolución en la capacidad instalada en China no es coincidencia ya que la intensa actividad del sector eólico, así con el fortalecimiento de la industria local basada en dicha fuente de energía se fundamenta principalmente, en su marco normativo y política industrial, la cual se puede resumir en dos puntos centrales:

- i. Una clara apuesta por el desarrollo de la energía eólica a través de acuerdos entre las compañías eólicas locales y los Gobiernos de las provincias, garantizando la explotación del recurso y el establecimiento de un tejido industrial en la zona.
- ii. La creación de alianzas empresariales sólidas entre compañías locales y empresas nórdicas y americanas consolidadas (líderes tecnológicos), tanto en el desarrollo, instalación como el suministro de componentes (mediante programas de transferencia tecnológica, acuerdos comerciales y asimilación tecnológica).

Lo anterior resulta de vital importancia ya que la hoy exitosa industria eólica local no hubiera sido posible sin los acuerdos de transferencia de conocimientos y de tecnologías provenientes de aquellos países y empresas líderes en la conformación de capacidades tecnológicas en el área eólica a nivel mundial (líderes en desarrollo tecnológico). En el siguiente Cuadro se presenta que empresas y que tipos de acuerdos fueron centrales en

el modelo de adquisición de conocimientos del exterior y por lo tanto, en el desarrollo tecnológico del sector eólico chino.

Cuadro 26: Modelo de desarrollo tecnológico en la industria eólica China

Empresa China	Modelo de transferencia tecnológica o acuerdo comercial	Fuente de la tecnología transferida
A-Power (Gaoke)	Licencia	Fuhrlander (Alemania)
	Licencia /Desarrollo Conjunto	Norwin (Dinamarca)
Beijing Beizhong	Licencia	DeWind (Alemania/RU/USA/Korea)
Changzong	Auto-desarrollo	Desarrollado con Shanxi Science and Technology University (China)
CSIC Haizhuang	Licencia	Frisia (Alemania)
	Desarrollo conjunto	Aerodyn (Alemania)
CSR Zhuzhou	Licencia	AMSC-Windtec (USA/Austria)
DEC	Licencia	REpower (Alemania)
	Desarrollo conjunto	Aerodyn (Alemania)
	Desarrollo conjunto	AMSC-Windtec (USA/Austria)
Engga	Auto-desarrollo	Desarrollado con Tsinghua Industrial Academy (China)
Envision	Desarrollo Conjunto	Apoyado por European Clean Energy Fund (UE)
Goldwind	Licencia	Jacobs/REpower (Alemania)
	Desarrollo conjunto	Vensys (Alemania)
Guodian United	Licencia	Aerodyn (Alemania)
Hadian	Auto-desarrollo	Desarrollado con Harbin Power Equipment Corporation (China)
Hafei	Desarrollo Conjunto	WinWind (Finlandia)
Harbin Steam Turbine Co.	Licencia	DeWind/EU Energy (Alemania/RU)
Hewind	Desarrollo Conjunto	Aerodyn (Alemania)
Huachuang	Auto-desarrollo	Desarrollado con Shenyang University of Technology (China)
Huide	Licencia	Fuhrlander (Alemania)
Jiuhe	Licencia	Windrad Engineering (Alemania)
Minyang	Desarrollo Conjunto	Aerodyn (Alemania)
New United	Auto-desarrollo	Desarrollado con Shenyang University of Technology (China)
REpower North	Desarrollo Conjunto	REpower (Alemania)
SBW	Desarrollo Conjunto	AMSC-Windtec (USA/Austria)
Sewind	Licencia	DeWind/EU Energy (Alemania/RU)
	Desarrollo Conjunto	Aerodyn (Alemania)

Sinovel	Licencia	Fuhrlander (Alemania)
	Licencia	Windtec/AMSC (USA/Austria)
	Desarrollo Conjunto	Windtec/AMSC (USA/Austria)
Tianwei	Desarrollo Conjunto	Garrad Hassan (RU)
Windey	Licencia	REpower (Alemania)
	Auto-desarrollo	Desarrolló con Zhejiang Institute of Mechanical and Electrical Engineering (China)
Wuhan Guoce Nordic New Energy	Licencia	Deltawind/Nordic Windpower (Suecia)
XEMC	Licencia	Zephyros/Lagerwey (Holanda)
XJ Group	Desarrollo Conjunto	AMSC-Windtec (USA/Austria)
Yinhe Avantis	Desarrollo Conjunto	Avantis Energy (Alemania)
Yinxing	Licencia	Mitsubishi (Japón)

Fuente: Elaboración propia a partir de Lewis, J., (2012).

Hay que subrayar que dentro de las empresas más importantes en el actual mercado eólico mundial se encuentran muchas empresas chinas que no sólo lograron adoptar la tecnología en pocos años, sino que además lograron desarrollar tecnología propia altamente competitiva a nivel internacional, dentro de estas empresas podemos encontrar a: Sinovel, Golwind, United Power, Dongfang Turbine, XEMC, entre otras más.

Hay que puntualizar que un aspecto central en el éxito chino es el tema de la conformación de redes de cooperación internacional para el desarrollo tecnológico tanto para inversores extranjeros como locales ya que China ha logrado consolidar una gama de incentivos para establecerse en el sector eólico especialmente aquellas organizaciones que desarrollen nuevas tecnologías.

Ahora en el siguiente apartado se hace un análisis de la situación actual de México en el tema del aprovechamiento de la energía eólica.

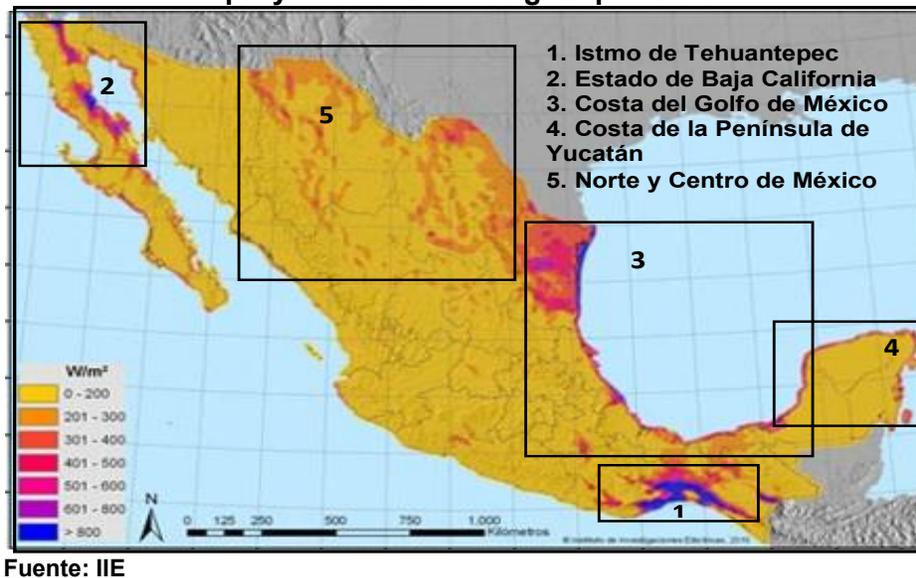
3.4 La energía eólica en México

Así como otras fuentes de energía renovable, la energía eólica representa para México ventajas importantes en la conformación de una nueva matriz energética, debido a sus costos, a sus beneficios ambientales positivos (al no producir emisiones de GEI) y que no

está sujeta a la volatilidad de los precios del petróleo⁶¹.

En el territorio Mexicano se han identificado diferentes zonas con potencial para la explotación de la energía eólica, tal es el caso del Istmo de Tehuantepec, en el Estado de Oaxaca, La Rumorosa en el Estado de Baja California, la costa del Golfo de México, así como en la región norte y centro de país. En 2010, en el marco de la décimo sexta Conferencia de las Partes (COP16), realizada en Cancún, Quintana Roo, México, fue presentado el mapa eólico para México, desarrollado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), en dicho mapa se presenta la estimación del potencial para la generación de energía eléctrica a partir de viento, el cual se encuentra en el orden de los 71 mil MW (71 Giga vatios). Sin embargo la SENER, en base al estudio de Prospectiva de Energías Renovables, 2011-2025, puntualiza que considerando factores de producción entre el 20 y 25%, México contaría con un potencial de aprovechamiento de 40,268 MW de energía eólica, esto representaría toda la capacidad instalada de todo el Sistema Eléctrico Nacional (SEN)⁶². Ver las zonas potenciales para la explotación del recurso eólico en la Figura 31.

Figura 31: Principales regiones en México con potencial para el desarrollo de proyectos eólicos de gran potencia



⁶¹ Aunque es necesario aclarar que también presenta desventajas como es el caso en su intermitencia, la distancia entre las zonas de viento y las redes eléctricas, la contaminación visual y auditiva que produce y el impacto que puede tener en la fauna que habita las zonas de viento o utilizan este recurso como una guía en sus migraciones anuales.

⁶² Sin embargo, actualmente sólo se aprovecha el 3.2% de dicha capacidad.

Según PROMEXICO (2013), estas regiones son las que cuentan con el mayor potencial para la generación de la energía eoloeléctrica y cuentan con los siguientes potenciales:

- **El Istmo de Tehuantepec** (Oaxaca), es donde se ubican actualmente la mayor parte de los parques eólicos del país (20 de los 26 en operación al 2013), lo que representa más de 1,700 MW instalados, además de contar con varios proyectos en construcción. La razón para que se encuentren la mayor parte de los proyectos en esta región, es que en la zona se localizan los mejores vientos de toda la república, ya que se estima que existe un potencial superior a los 40,000 MW, sólo en la región.
- **La Rumorosa** (Baja California), cuenta con un potencial eólico de más de 5,000 MW. Actualmente existen dos proyectos en operación y uno más en construcción que sumarían una capacidad instalada superior a los 160 MW (al concluir la construcción del parque eólico “Energía Sierra Juárez”).
- **La costa del Golfo de México**, actualmente cuenta con proyectos en operación y en construcción por un total de 477 MW en los Estados de Tamaulipas y Veracruz.
- **Costa de la península de Yucatán**, esta región cuenta con excelentes corrientes de viento, principalmente en la costa de Quintana Roo y en la isla de Cozumel. Chiapas es otro Estado que cuenta ya con un parque eólico, el cual entro en operación en el 2012.
- **La región norte y centro**, Nuevo León cuenta con 274 MW que se tiene previsto entren en operación a más tardar en 2014. San Luis Potosí tiene una central eólica en construcción por un total de 200 MW de capacidad.

La Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE) considera que mediante el aprovechamiento adecuado del potencial eólico estimado sería posible aportar entre 12,000 y 15,000 MW de capacidad al sistema eléctrico nacional durante los años 2020 y 2022.

Considerando que el mercado eólico mundial ha demostrado que esta tecnología y la industria asociada a ella pueden convertirse en una importante fuente de empleos, inversión y desarrollo tecnológico para México. Además de abrir ventanas de oportunidad para la integración industrial y creadora de nuevas empresas e infraestructura para el país, con beneficios tanto económicos como ambientales.

Hay que mencionar que el Protocolo de Kioto y en particular a partir de la entrada en vigor

de los proyectos MDL, el sector eólico comenzó a tener mayor presencia en México aunado además a los diferentes estudios realizados para estimar el potencial eólico nacional, así mismo las modificaciones al marco jurídico en el sector energético (aspectos que serán abordados más adelante). Todo esto ha permitido que al día de hoy se cuente con una cartera importante de proyectos en operación y en construcción, como se presenta en el siguiente sub-apartado.

3.4.1 Situación actual en el aprovechamiento de la energía eólica en México

Es un hecho bien conocido que los combustibles fósiles han sido una fuente importante en desarrollo nacional en México y se pronostica que dichos combustibles seguirán ocupando una participación importante como fuente primaria de energía para las próximas décadas (principalmente por ser un país productor de petróleo); sin embargo, hoy por hoy, se reconoce que es necesario impulsar acciones que nos permitan, en un futuro no muy lejano, diversificar las fuentes de energía para atender las necesidades de los consumidores (como es el caso de la energía eléctrica para sector productivo y domestico) y garantizar un mayor cuidado al medio ambiente.

Es así que un importante reto para México y en general para el Mundo entero, es el de reducir la huella ambiental del sector energético para la generación de electricidad, esto sin comprometer el desarrollo económico de los países. Una de las alternativas como ya se había planteado es la energía eólica así como otras fuentes renovables de energía.

En 1994, México puso en marcha su primer parque eólico localizado en el ejido de La Venta, en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. El parque eólico La Venta I, construido como proyecto prototipo, fue el primero en su tipo en nuestro país y en América Latina y cuenta con una capacidad de 1.6 MW, se encuentra operando en el esquema de Obra Pública Financiada (OPF) y fue licitada por CFE⁶³, quien es además el encargado de operarlo.

Doce años más tarde, en el 2006, entró en operación comercial el segundo parque eólico, La Venta II, localizado también en la misma zona del proyecto prototipo. Se trata de un proyecto que funciona en el esquema de OPF y que de igual manera al parque eólico La Venta I, es operado por la CFE. El proyecto fue adjudicado para su construcción en el año 2005 a un consorcio español (Iberdrola Renovables) y cuenta una capacidad total

⁶³Información de la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE) www.amdee.org

instalada de 83.3 MW.

Posterior a estos dos proyectos, en el 2008 entraron en operación los primeros proyectos privados bajo el esquema de Autoabastecimiento, siendo el desarrollador y operador el consorcio español Iberdrola Renovables. Los parques eólicos son la Ventosa II y La Ventosa que cuentan con una capacidad instalada de 49.3 y 30.6 MW respectivamente.

Otros proyectos como son Parques Ecológicos de México los Eurús I y II fueron puestos en operación entre el 2009 y 2010, hay que destacar que los dos últimos proyectos mencionados operan bajo el esquema de Autoabastecimiento y forman parte del consorcio formado la empresa mexicana Cementos Mexicanos (CEMEX) y la empresa Española Acciona Energía, los cuales suman 250 MW instaladas, lo que los convierte en los parques eólicos más grandes que operan en México en la actualidad. Al concluir el 2014 México contaba ya con 31 proyectos en operación, los proyectos, la localización, fechas de operación, la capacidad instalada, así como otros datos centrales respecto al tipo y potencia de las turbinas se presentan en la Cuadro 27 y 28, en el primer Cuadro se presentan los parques eólicos desarrollados en Oaxaca (que es donde hasta el día de hoy se ubica la mayor capacidad instalada del país) y en el segundo Cuadro se presentan los parques eólicos desarrollados en otras partes de la República.

Cuadro 27: Parques eólicos operados en el Estado de Oaxaca al 2014

Proyectos eólicos en operación en Oaxaca										
No.	Nombre del Proyecto	Ubicación	Esquema	FOC	Desarrollador	MW en operación	Turbinas			
							Marca	País de origen	Número	Potencia nominal (MW)
1	La Venta I	Juchitán de Zaragoza	Obra Pública Financiada	1994	CFE	1,6	Vestas (V27)	Dinamarca/Alemania	7	0,225
2	La Venta II	Juchitán de Zaragoza	Obra Pública Financiada	2006	CFE	83,3	Gamesa (G52)	España	95	0,850
3	La ventosa II	Juchitán de Zaragoza	Autoabastecimiento	2008	Iberdrola Renewables	49,3	Gamesa (G52)	España	58	0,850
4	La ventosa	Juchitán de Zaragoza	Autoabastecimiento	2008	Iberdrola Renewables	30,6	Gamesa (G52)	España	36	0,850
5	Parques Ecológicos de	Juchitán de Zaragoza	Autoabastecimiento	2009	Iberdrola Renewables	79,9	Gamesa (G52)	España	94	0,850
6	Eurus, Fase I	Juchitán de Zaragoza	Autoabastecimiento	2009	Cemex/Acciona	37,5	Acciona (A72)	España	15	1,5
7	Eurus, Fase II	Juchitán de Zaragoza	Autoabastecimiento	2010	Cemex/Acciona	212,5	Acciona (A72)	España	142	1,5
8	Bii Nee Stipa I	El Espinal	Autoabastecimiento	2010	Iberdrola Renewables	26,35	Gamesa (G52)	España	31	0,850
9	La Mata – La Ventosa	La Mata-La Ventosa	Autoabastecimiento	2010	Eléctrica del Valle de México (EDF-EN)	67,5	Clipper (C89)	USA	27	2,5
10	Fuerza Eólica del Istmo	El Espinal	Autoabastecimiento	2011	Peñoles	50	Clipper (C89)	USA	20	2,5
11	Oaxaca II, III y IV	Juchitán de Zaragoza	PIE	2012	CFE/Acciona	306	Acciona (AW70)	España	204	1,5
12	La Venta III	Juchitán de Zaragoza	PIE	2012	CFE/Iberdrola	102,85	Gamesa (G52)	España	120	0,850
13	Oaxaca I	Santo Domingo Ingenio	PIE	2012	CFE/EYRA	102	Vestas (V80)	Dinamarca/Alemania	51	2,0
14	Fuerza Eólica del Istmo II	El Espinal	Autoabastecimiento	2012	Peñoles	30	Clipper (C89)	USA	12	2,5
15	Bii Nee Stipa II (Stipa Navaá)	El Espinal	Autoabastecimiento	2012	Gamesa/Enel GreenPower	74	Gamesa (G87)	España	37	2,0
16	Bii Nee Stipa III (Zopilopan)	Zopilopan	Autoabastecimiento	2012	Gamesa/Enel GreenPower	70	Gamesa (G87)	España	35	2,0
17	Piedra Larga – Fase I	Union Hidalgo	Autoabastecimiento	2012	Renovalia/DEMEX	90	Gamesa (G87)	España	45	2,0
18	Bii Stinú	Juchitán de Zaragoza	Autoabastecimiento	2012	EDF-EN	164	Gamesa (G87)	España	82	2,0
19	La ventosa III	Juchitán de Zaragoza	Autoabastecimiento	2013	Iberdrola Renewables	22	Gamesa (G80)	España	11	2,0
20	Eoliatec del Pacífico	Juchitán de Zaragoza	Autoabastecimiento	2013	EDF-EN y Mitsui	160	Gamesa (G90)	España	80	2,0
21	Bii Nee Stipa II Fase III El Retiro	Juchitán de Zaragoza	Autoabastecimiento	2013	Gamesa/Enel GreenPower	74	Gamesa	España	37	2,0
22	Bii Nee Stipa IV (Dos Arbolitos)	Juchitán de Zaragoza	PIE	2014	Iberdrola Renewables	74	Gamesa (G90)	España	37	2,0
23	Bii Hioxio	Juchitán de Zaragoza	PIE	2014	Gas Natural Fenosa	234	Gamesa	España	117	2,0
24	Piedra Larga – Fase II	Union Hidalgo	Autoabastecimiento	2014	Renovalia/DEMEX	138	Gamesa (G87)	España	69	2,0
25	Sureste I phase II	Asunción Ixtaltepec	PIE	2014	Enel GreenPower	102	Alstom Power 110	Francia	34	3,0

Fuente: Elaboración propia a partir de la AMDEE, www.amdee.org, www.thewindpower.net y otras fuentes de información complementarias (última fecha de consulta: marzo de 2015).

Como se observa, la mayor capacidad instalada se ubica en el Estado de Oaxaca, con 25 proyectos eólicos que representan poco más del 90% del total de la capacidad instalada a nivel nacional (más de 2,400 MW). Es este Estado del sur de México del que

se espera también que siga teniendo el mayor desarrollo en los próximos años.

Cuadro 28: Parques eólicos operados en otros Estados de Republica al 2014

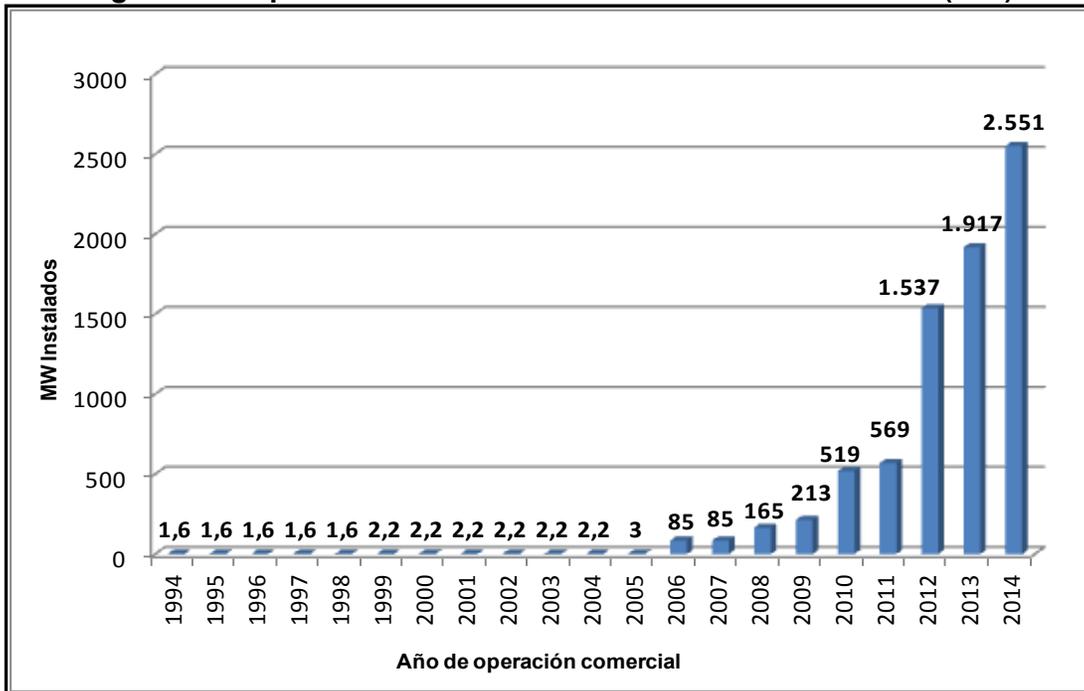
Proyectos eólicos en operación en otros Estados del País										
No.	Nombre del Proyecto	Ubicación	Esquema	FOC	Desarrollador	MW en operación	Turbinas			
							Marca	País de origen	Número	Potencia nominal (MW)
1	Guerrero Negro	Baja California	Obra Pública Financiada	1999	N/D	0,6	Gamesa	España	1	0,6
2	La Rumorosa I	Baja California	Autoabastecimiento	2009	Gobierno de Baja California	10	Gamesa (G87)	España	5	2,0
3	Cancun	Quintana Roo	Obra Pública Financiada	2010	Acciona Energia	1,5	Acciona (AW-70)	España	1	1,5
4	Arriaga (Chiapas)	Arriaga	Autoabastecimiento	2012	Grupo Salinas/Grupo Dragón	28,8	Vestas	Dinamarca/Alemania	16	1,8
5	Santa Catarina	Santa Catarina, Nuevo León	Autoabastecimiento	2013	Grupo COMEXHIDRO	22	GE Energy (2.75-103)	USA	8	2,75
6	El Porvenir	Reynosa, Tamaulipas	Autoabastecimiento	2013	Compañía Eólica de Tamaulipas	54	Vestas (V100/1800)	Dinamarca/Alemania	30	1,8
7	Los Altos	Ojuelos, Jalisco	Autoabastecimiento	2013	Grupo Dragon/Grupo Salinas	50,4	Vestas (V100/1800)	Dinamarca/Alemania	28	1,8

Fuente: *Ibidem*.

Hay que destacar que los primeros proyectos fuera del Estado de Oaxaca son los que se localizan en el Estado de Baja California, que inició operaciones en el año 1999 y 2009 además del parque eólico de Arriaga Chiapas, el cual inicio operaciones en el 2012, destacando también los nuevos parques que entraron en operación en 2013 como es el caso del parque de Santa Catarina Nuevo León y el de Reynosa Tamaulipas. Sin embargo hay que destacar que la mayor capacidad instalada de energía eólica se dio en el año 2012, sólo en ese año entraron en operación ocho proyectos.

Al finalizar el 2013 ya se contaba con una capacidad instalada superior a los 1,917 MW, siendo 2012 el año que contó con el crecimiento más importante en comparación a los años anteriores, un incremento superior de 170% respecto al 2011, es decir se incrementó la capacidad instalada en 968 MW (ver la evolución de la capacidad instalada en la figura 32). Según las estimaciones de la AMDEE, la potencia eólica instalada en México al finalizar el 2014 alcanzó los 2,551MW, lo cual representa un incremento de 29% (580 MW), respecto a la capacidad instalada del 2013.

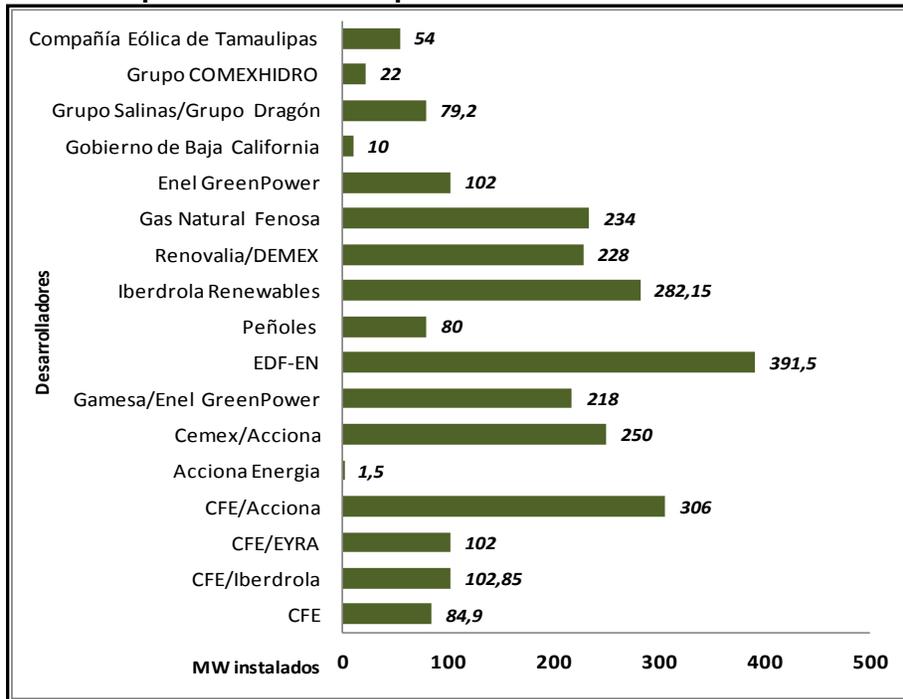
Figura 32: Capacidad Instalada Acumulada en México al 2014 (MW)



Fuente: Elaboración propia a partir de GWEC (2013) y la AMDEE (2014).

Respecto a los consorcios desarrolladores de los proyectos eólicos en México, el que mayor participación tiene hasta el 2014, es la empresa de origen francés EDF-EN (Électricité de France – énergies nouvelles) también llamada Eléctrica del Valle de México, desarrolladora que cuenta con una capacidad de 391.5 MW, con los parques de La Mata-La Ventosa, Bii Stinú y Eoliatec del Pacífico, los tres en el Estado de Oaxaca. El segundo desarrollador con mayor capacidad instalada es el consorcio conformado por la CFE y Acciona con 306 MW, seguido de la empresa española Iberdrola Renovables con 282 MW instalados. Hay que destacar que otra participación importante es la del consorcio formado por las empresas CEMEX (Cementos Mexicanos y Acciona, los cuales cuentan con una capacidad instalada de 250 MW instalados. Los demás consorcios desarrolladores y la capacidad instalada (MW instalados) con los que cuentan en México al 2014 se presentan en la Figura 33.

Figura 33: Capacidad instalada por desarrollador en México al 2014 (MW)

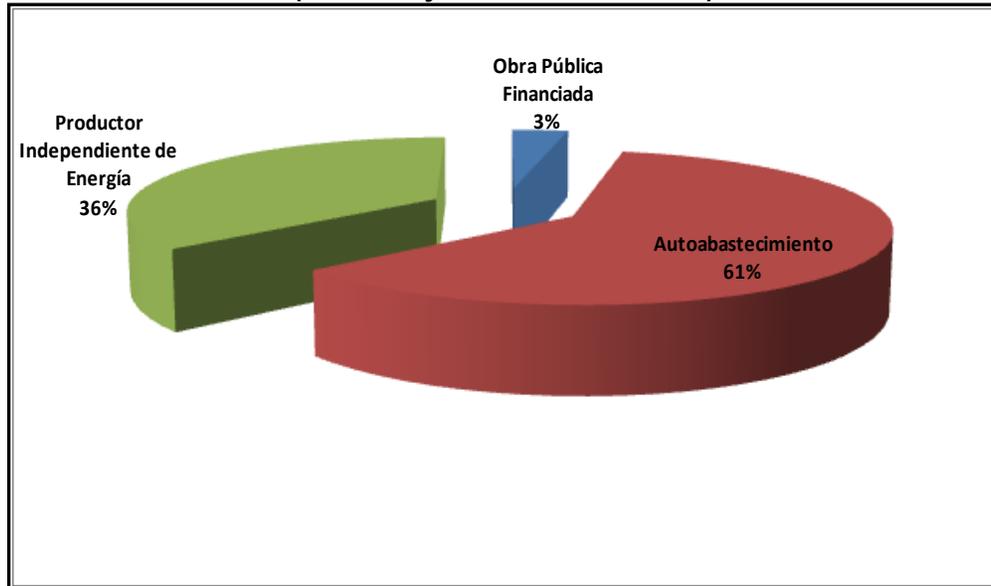


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los Cuadros 27 y 28.

Un punto que será tratado a más detalle, pero que es necesario mencionarlo aquí, es mediante la antigua Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) y principalmente con su modificación en el año 1992 se permitió que el sector privado pudiera participar en la generación de energía eléctrica a partir del viento (y de otras fuentes de energías renovables), destinada a finalidades diferentes a la prestación del servicio público, ya sea a través del Autoabastecimiento, Cogeneración, Producción Independiente, Pequeña Producción, Importación y Exportación. La mencionada ley fue derogada en 2014, sin embargo en su momento incentivo la participación del sector privado para la generación de energía eléctrica en las modalidades previamente mencionadas, que para el caso de la energía eólica, el esquema de operación mayoritariamente utilizado es el Autoabastecimiento, seguido de la Producción Independiente. En la Figura 34, se presentan cuáles son los esquemas de operación en los que se han desarrollado los actuales parques eólicos en México, en el cual podemos ver que de la capacidad instalada al 2014, el 61% operan bajo el esquema de Autoabastecimiento, seguido del 36% que opera bajo el esquema de Productor Independiente de Energía (PIE) y finalmente sólo el 3% operan como Obra Pública Financiada (OPF), que son los Parques eólicos La Venta I y II y las turbinas de Guerrero

negro en Baja California y la de Cancún Quintana Roo.

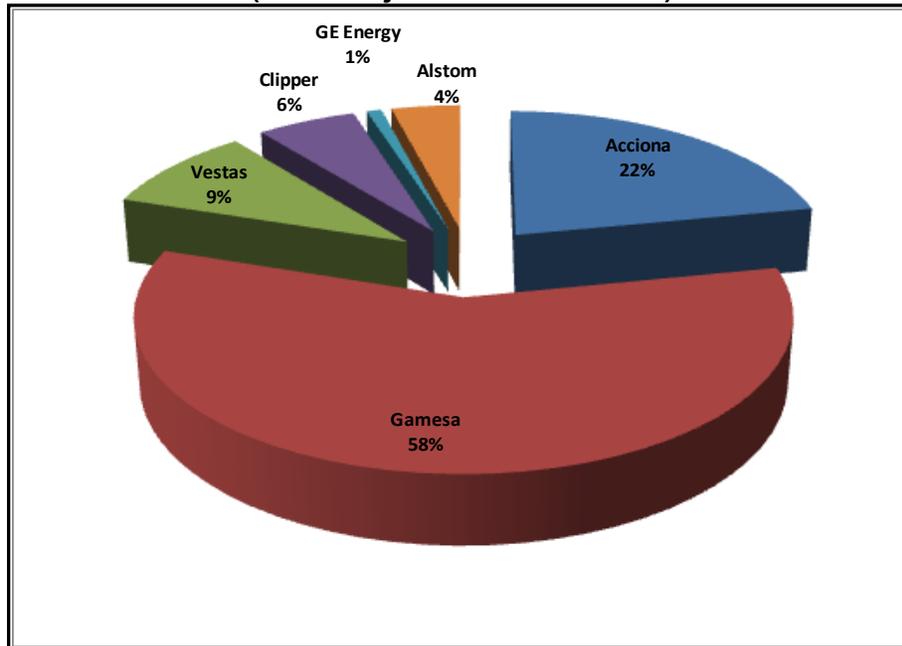
Figura 34: Actuales esquemas de operación en el sector eólico en México al 2014 (Porcentaje de MW instalados)



Fuente: *Ibidem*.

Ahora, haciendo un análisis del mercado de las turbinas que al 2014 que operan en México, destacan las empresas españolas Gamesa y Acciona con el 58 y 22% respectivamente, es decir que las turbinas de estas dos empresas tienen una participación del 80% del mercado (MW instalados), en tanto que la Danesa Vestas sólo cuenta con el 9% de la capacidad instalada, seguida de la estadounidense Clipper con el 6%. Hay que destacar que recientemente se incorporaron nuevas turbinas de las empresas Alstom (Francia) con el 4% y GE (USA) que tiene únicamente una participación del 1% (ver Figura 35).

**Figura 35: Distribución porcentual del mercado de turbinas en México al 2014
(Porcentaje de MW instalados)**



Fuente: *Ibidem*.

Hay que destacar que algunos de los actores centrales del sector eólico en México son actualmente las empresas desarrolladoras, manufactureras y operadoras, tales como: Iberdrola renovables, Acciona, Siemens Clipper, Demex, EDF, FEMSA-Macquarie, Gamesa, Iberdrola y Peñoles. Además, grandes empresas de nivel internacional como Walmart; Grupo Bimbo; Grupo Modelo; CEMEX; Grupo Herdez; entre otras, se autoabastecen con energía eléctrica generada por el viento, lo que les ha permitido impulsar la reducción de sus gastos de energía, realizar estimaciones financieras con un costo fijo de producción eléctrica más confiable, sin estar supeditadas a las cotizaciones volátiles del mercado de hidrocarburos, y cumplir con los compromisos medio ambientales que exige el nuevo modelo de desarrollo sustentable.

Según las proyecciones a corto y mediano plazo dados a conocer por expertos del sector eólico en México y por la AMDEE, en el pasado evento *Mexico WindPower 2015*, realizado el mes de febrero en la Ciudad de México, se destacaba que con la nueva reforma energética y con el interés por parte de los diversos inversionistas se espera alcanzar 9,500 MW para finales del 2018 y entre 12,000 y 15,000 MW para el 2020-2022, lo que estaría representando alrededor del 14% de la capacidad instalada de la

generación eléctrica de México.

Con lo anterior, se espera estar generando por lo menos 45,000 empleos permanentes y una reducción del 15% de las emisiones de GEI que actualmente genera el sector eléctrico en México. Pero lo más importante mencionado en el evento anteriormente referido, es que con los proyectos actuales y futuros se abran ventanas de oportunidad para el desarrollo de una industria eólica doméstica, con lo cual se requiere necesariamente del fortalecimiento y desarrollo de capacidades tecnológicas y procesos de aprendizaje tecnológicos centrados principalmente en la adaptación, modificación, diseño y rediseño de tecnologías y servicios al sector eólico mexicano.

Ahora en el siguiente apartado se presentan cuales son y a que se refieren los principales marcos normativos que han incentivado y/o en el que se sustenta el desarrollo de los proyectos eólicos en México.

3.5 Marco normativo para el aprovechamiento eoloeléctrico en México

En diciembre de 1992, la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (hoy derogada), fue modificada para permitir la participación privada en las actividades de generación de energía eléctrica. El Artículo 3 de esta ley enumera cinco actividades que no están consideradas como servicio público y que, por lo tanto, permitió la inversión privada, lo cual hizo posible el desarrollo de los diferentes proyectos que hoy operan en México, dichos esquemas se presentan en el Cuadro 29.

Cuadro 29: Esquemas para la generación de energía por parte de la inversión privada

Autoabastecimiento	Generación de energía eléctrica destinada al consumo de personas físicas y morales.
Cogeneración	Aprovechamiento de la energía térmica no utilizada en los procesos (vapor), para generar electricidad de forma directa o indirecta. El destino de la energía eléctrica producida a través de esta modalidad debe destinarse a la satisfacción de las necesidades energéticas de personas físicas y morales asociadas a la cogeneración.
Productor Independiente de Energía	Generación de energía eléctrica en centrales de capacidad mayor a los 30 MW, para su venta a la CFE.
Pequeña Producción	Personas físicas y morales que destinen el total de la energía generada para su venta a la CFE (la capacidad del proyecto no deberá ser mayor a 30 MW); el autoabastecimiento de comunidades rurales donde no exista servicio de energía eléctrica (los proyectos no excederán de 1 MW); y la exportación (proyectos con un límite máximo de 30 MW).
Importación y exportación de energía	La exportación de energía eléctrica es viable a través de proyectos de cogeneración, producción independiente y pequeña producción. Si los permisionarios desean utilizar o vender energía eléctrica dentro del país deberán obtener un permiso de la CRE de acuerdo a la modalidad de importación, es la adquisición de energía eléctrica generada del exterior.

Fuente: Elaboración propia a partir de la LSPEE (1975/1992) y PROMEXICO (2014).

Actualmente, a través de la Reforma Energética (2013) se pretende fomentar la competencia en el segmento de generación eléctrica mediante las diferentes fuentes de energía, y de manera especial las energías renovables. Con esta Reforma se ha complementado el proceso de apertura del sector eléctrico que inicio con la Reforma a la ley antes mencionada (LSPEE, 1975-1992). Con la Nueva Reforma se han dado diferentes cambios para el sector eléctrico, dentro de los principales cambios destaca que, tanto la generación y comercialización de electricidad, quedan fuera de las actividades estratégicas a cargo del Estado, es así que el sector podrá actuar es estas operaciones en los términos que establezca la ley reglamentaria correspondiente. De esta manera, el nuevo esquema en materia de regulación queda estructurado de la manera como se muestra en el Cuadro 30.

Cuadro 30: Marco legal y regulatorio del Sistema Eléctrico Nacional

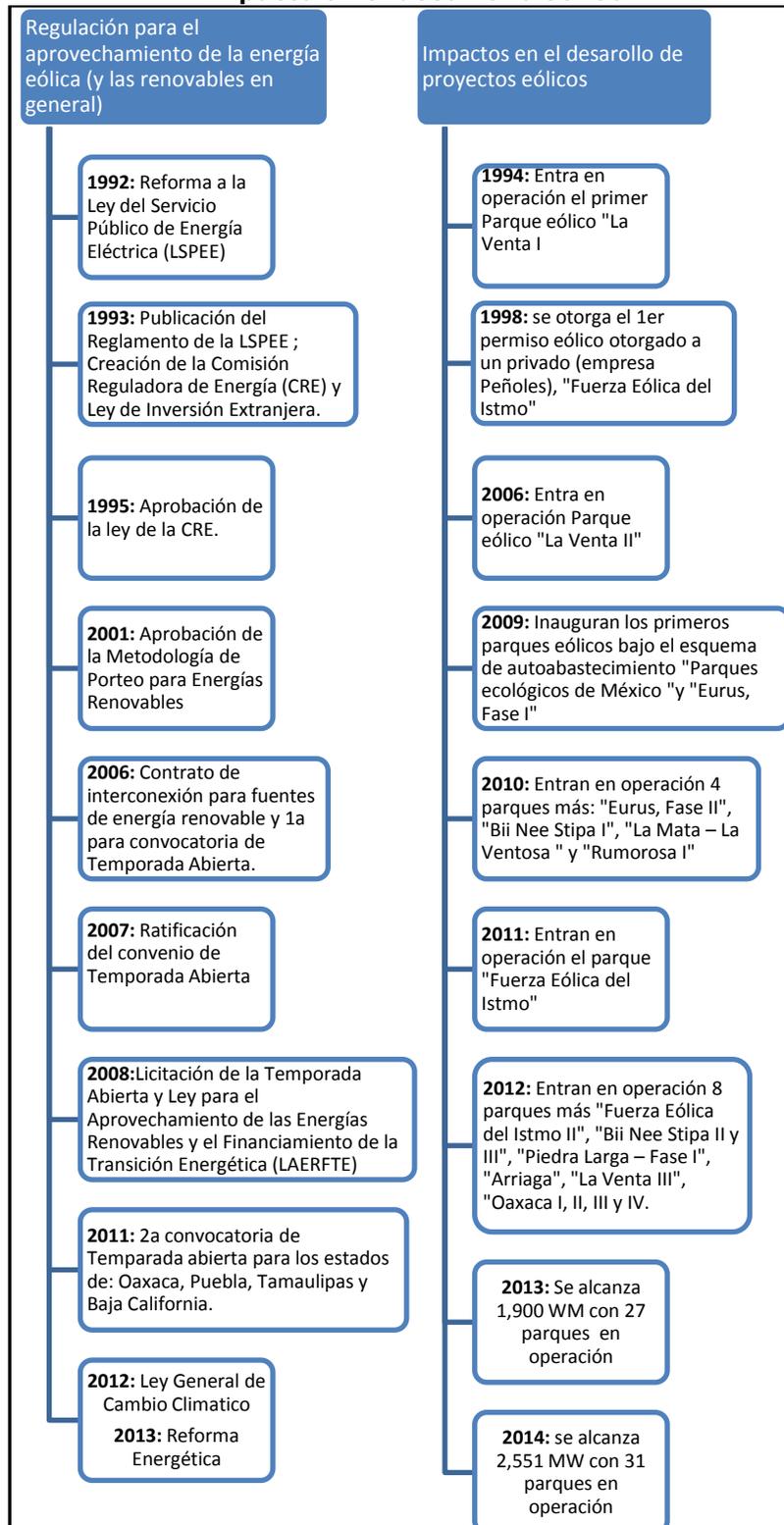
Esquema Anterior	Esquema Actual
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Artículos 25,27 y 28).	Reforma a los Artículos 27 y 28. Transitorios 4y 11.
Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.	Reforma al Artículo 28, Transitorios 10,12, y 13 en materia de reguladores.
Ley del Servicio Público en Energía Eléctrica (subrogada).	Ley de la Industria Eléctrica
Ley de la Comisión Reguladora de Energía.	Nuevas disposiciones
Ley del Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.	Ley del Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.
Ley para el Aprovechamiento Sustentable de Energía.	Ley para el Aprovechamiento Sustentable de Energía.
Nueva creación	Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Medio Ambiente.
	Ley de la Comisión Federal de Electricidad.
	Ley de energía Geotérmica

Fuente: SENER (2014b).

En cuanto al Sector Eléctrico, la Reforma plantea fortalecer la competitividad en la actividad de generación, acelerando la expansión de las redes de transmisión y mejorando la calidad en el suministro y en la distribución. Por otra parte, busca impulsar una mayor participación de tecnologías no fósiles para ofrecer al mercado eléctrico una mayor gama de oportunidades para satisfacer la demanda a precios más competitivos (SENER, 2014b).

Es una realidad que las diversas modificaciones a los marcos normativos en materia energética en México han logrado promover la inversión en energías renovables y de manera muy especial en la energía eólica, ver la evolución de las principales reformas y su impacto en el desarrollo eólico nacional, en la Figura 36.

Figura 36: Leyes para el aprovechamiento de la energía eólica en México y su impacto en el desarrollo eólico



Fuente: Elaboración propia a partir de la AMDEE y PPRMEXICO (2014).

En la Estrategia Nacional de Energía se establece una meta de 35% de capacidad para generación eléctrica con tecnologías limpias para el año 2024, donde la energía eólica es una tecnología central para alcanzar esta meta.

La Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y Financiamiento para la Transición Energética (LAERFTE) establece el marco regulatorio específico para la generación de energía eléctrica con fuentes alternativas de energía. De la misma manera, el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energía Renovables establece acciones y metas alcanzables en la capacidad instalada y la generación de energía eléctrica en el país. A estas leyes se suma la Ley General de Cambio Climático (2012) que también resultará fundamental en la estrategia de aprovechamientos de los energéticos renovables.

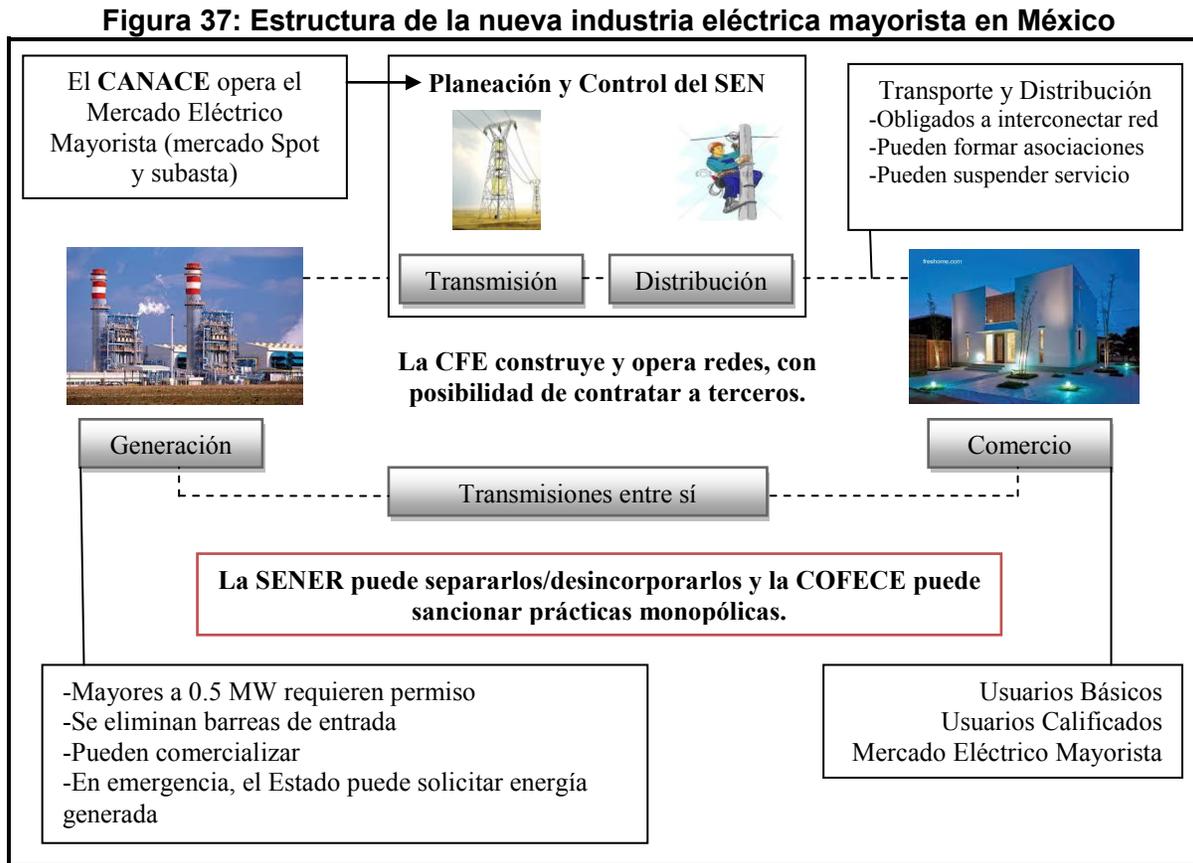
3.5.1 Actores clave para hacer cumplir las normas y leyes en el aprovechamiento de la energía eólica

Otro los objetivos de la Reforma Energética es el fortalecimiento de la SENER, para realizar las actividades de planeación, apoyándose de organismos con mayor solidez y autonomía, ya que ésta es la encargada del diseño de la política energética del país, teniendo a su cargo la toma de decisiones sobre la Planeación del SEN (SENER, 2014b).

Con la Reforma la CRE se convierte en un órgano regulador coordinador y desconcentrado de las misma SENER, dotado de personalidad jurídica propia, autonomía técnica y de cierta autonomía presupuestal. En tanto, la CFE pasa de ser un organismo descentralizado a una Empresa Productiva del Estado (cuyo objetivo es la creación de valor económico al incrementar los ingresos de la Nación, con sentido de equidad y responsabilidad social y ambiental), para brindar un servicio público de energía eléctrica de calidad, competitividad y sustentabilidad, comprometidos con el desarrollo del país y la preservación del medio ambiente (SENER, 2014b).

Finalmente otro actor central en el aprovechamiento de los recursos energéticos eólicos para la generación de energía eléctrica es, el Comercializador de Servicios Básicos (titular de un contrato de Participación del Mercado de Electricidad que tiene por objeto realizar actividades de comercialización), el cual podrá buscar la energía más económica disponible y, tendrá derechos preferenciales para recibir la energía barata de las plantas de generación de la CFE, así como de la que ha contratado con los generadores

existentes en la actualidad en virtud de sus contratos de largo plazo. La Estructura de la nueva industria eléctrica mayorista se presenta en la Figura 37.

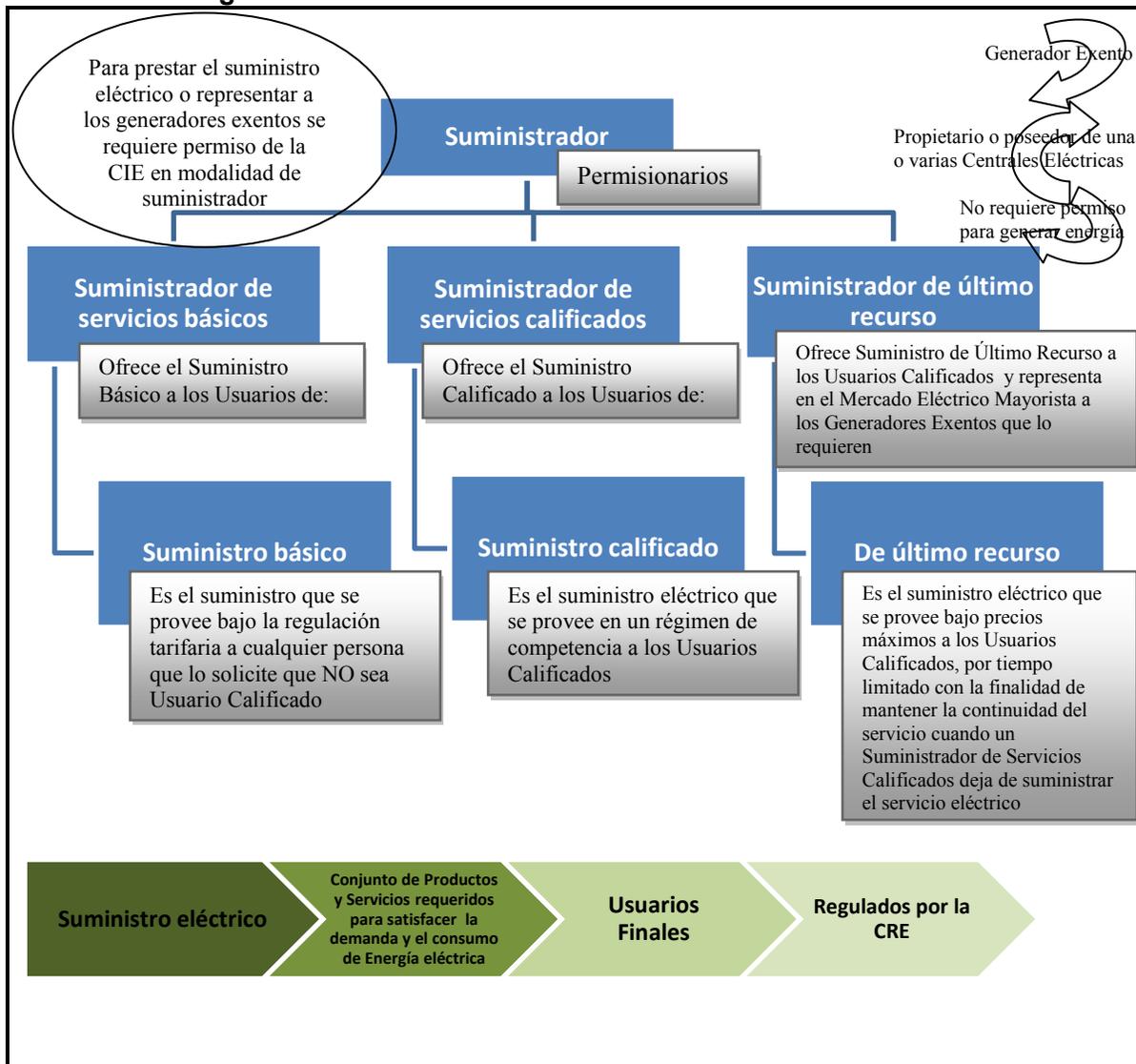


Fuente: SENER (2014b), quien se basa en Comisión de Energía del Senado.

Hay que destacar que la nueva figura que se incorpora, dentro de los actores del sector eléctrico en México es el de Usuarios Calificados, el cual sustituirá a los usuarios bajo la modalidad de autoabastecimiento, cogeneración e importación y aquellos cuyo consumo rebase el umbral establecido por la SENER. La calidad de Usuario Calificado se adquiere mediante la inscripción de registro correspondiente a cargo de la CRE. El solicitante deberá acreditar que los centros de carga cumplan con los niveles requeridos de consumo o demanda fijados. Los usuarios calificados podrán contratar con un suministrador que será el encargado de realizar las gestiones necesarias para el suministro, adquiriendo su energía mediante contratos celebrados con las empresas de generación eléctrica en el mercado eléctrico operado por el CENACE. La CFE podrá competir en igualdad de

condiciones y, en su papel de suministrador de servicios básicos, podrá comprar energía a través de estos mecanismos competitivos (SENER, 2014b), ver el esquema de suministrador contemplados para el sector eléctrico en la Figura 38.

Figura 38: Suministradores del Sistema Eléctrico Nacional



Fuente: SENER (2014b).

Es importante señalar que el Estado establecerá y ejecutará la política, regulación y vigilancia de la industria eléctrica a través de la SENER y la CRE. Además, la Ley de la Industria Eléctrica establece a los participantes determinadas obligaciones en materia de

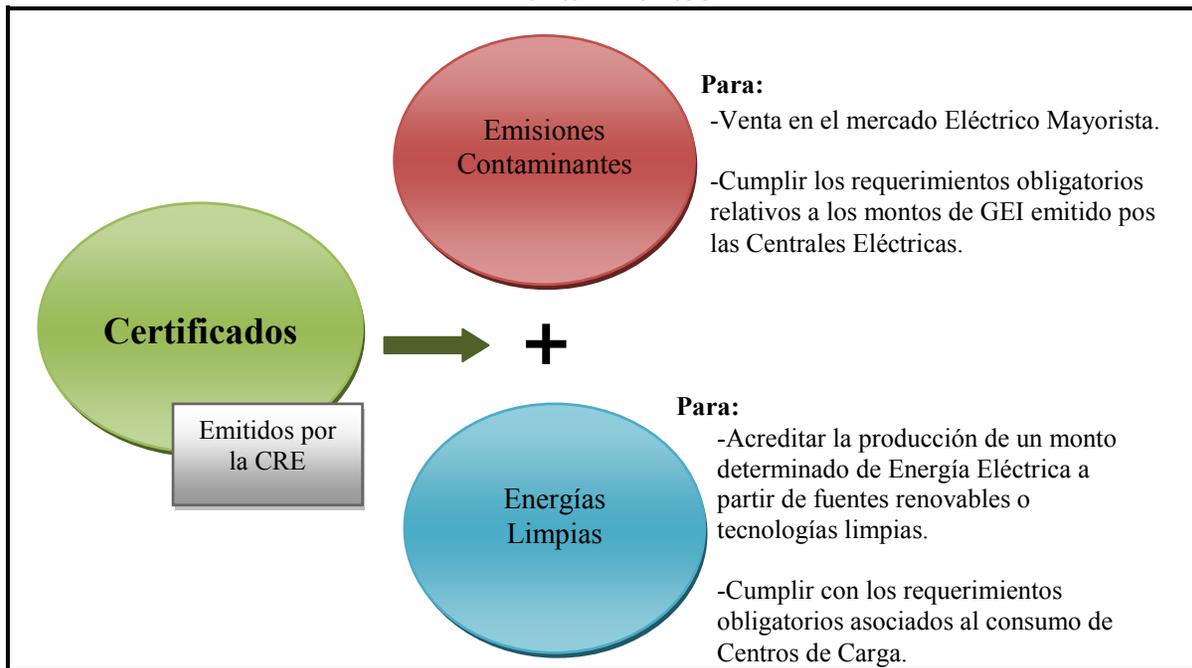
energías limpias, acceso abierto, suministro, servicio universal y electrificación (SENER, 2014b).

A pesar de la apertura hacia el sector eléctrico mexicano, en materia de Transmisión y Distribución, la Reforma Energética conservó para el Estado Mexicano la exclusividad en la planeación y control del SEN y en la prestación del servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica. Sin embargo uno de los cuellos de botella que tiene el SEN, y al que se ha enfrentado la CFE, es la limitada expansión de las líneas de transmisión que por la ubicación geográfica algunas de las centrales de generación, implicaban un mayor costo en la interconexión del sistema. Además existe la preocupación constante de reducir pérdidas de energía en las líneas, lo que garantizaría un suministro de calidad. Se espera una expansión de dichas redes para cubrir las necesidades de interconexión y de la demanda eléctrica para los próximos años. Dentro de la Ley de la Industria Eléctrica se establecen las reglas para que los particulares participen en el financiamiento, instalación, mantenimiento, gestión, operación y ampliación de la red nacional de transmisión (SENER, 2014b).

En materia de generación, las centrales eléctricas con capacidad mayor a 0.5 MW y las centrales eléctricas de cualquier tamaño representadas en el Mercado por un Generador, requerirán de un permiso otorgado por la CRE para generar energía eléctrica. Los titulares de las centrales que no requieran y no obtengan un permiso se denominarán Generadores Exentos y sólo podrán vender su energía eléctrica y Productos Asociados a través de un Suministrador (SENER, 2014b).

En torno al tema de energías renovables, la SENER implementará mecanismos que permitan cumplir la política en materia de diversificación de fuentes de energía, seguridad energética y la promoción de fuentes de energía limpias. Para alcanzar dichos objetivos, la SENER establecerá obligaciones para adquirir Certificados de Energía Limpia o Certificados de Emisiones Contaminantes, y podrán celebrar convenios que permita su homologación con los instrumentos correspondientes de otras jurisdicciones. La regulación aplicable permitirá que estos certificados sean negociables, y podrá permitir el traslado de certificados excedentes o faltantes entre periodos a fin de promover la estabilidad de precios. La estructura de los certificados antes mencionados se presenta en la Figura 39.

Figura 39: Estructura de los Certificados de Energías Limpias y Emisiones Contaminantes



Fuente: SENER (2014b).

Los órganos reguladores que tienen como encomienda las nuevas disposiciones de la Reforma Energética, en materia de energías eléctricas es entonces del SENER, la CRE y el CENACE, sus principales funciones y atribuciones se describen en el siguiente Cuadro.

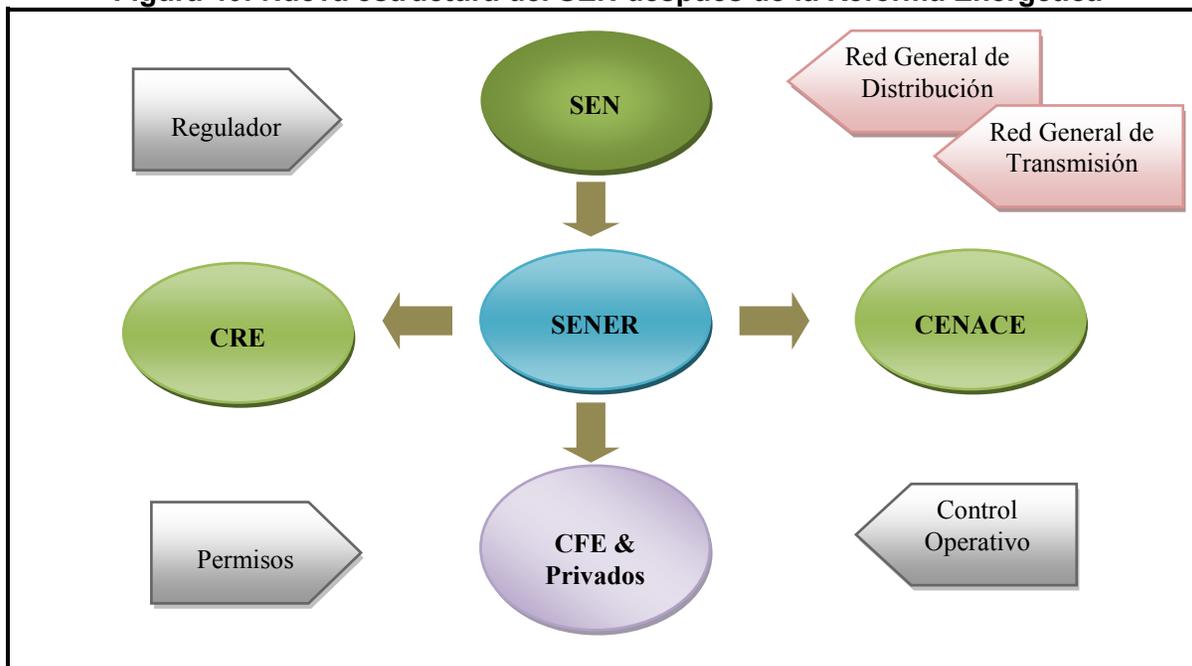
Cuadro 31: Actores centrales del sector eléctrico mexicano

SENER “Secretaría de Energía”	Está facultada para establecer, conducir y coordinar la política energética del país en materia de energía eléctrica: dirigir el proceso de planeación y elaboración del Programa de Desarrollo del SEN; establecer los criterios para el otorgamiento de los Certificados de Energías Limpias; vigilar la operación del mercado eléctrico mayorista y las determinaciones del CENACE, entre otras.
CRE “Comisión Reguladora de Energía”	Está facultada para otorgar los permisos de generación, Usuario Calificado, entre otros. Asimismo, entre sus atributos de encuentran el determinar las metodologías de contraprestaciones aplicables a los Generadores Exentos, así como, expedir y aplicar la regulación tarifaria a que se sujetarán las transmisión y distribución, la operación de los suministradores de servicios básicos y los servicios conexos no incluidos en el mercado, así como las tarifas finales del suministro básico que no sean determinados por el Ejecutivo Federal.
CENACE “Centro Nacional de Control de Energía”	Es un organismo público descentralizado de la Administración pública Federal, con personalidad jurídica y patrimonio propios, que tiene a su cargo el Control Operativos del SEN, la operación del Mercado y del acceso abierto y sin discriminación alguna de la Red Nacional de Transmisión y las Redes Generales de la Distribución. Está facultado para ejercer el Control Operativo del SEN. Promoverá la competencia a través de operar el Mercado Eléctrico Mayorista en condiciones óptimas para los participantes. Además, una de las atribuciones es llevar a cabo subastas para la celebración de Contratos de Cobertura Eléctrica entre los Generadores y los representantes de los Centros de Carga, entre otras.

Fuente: Elaboración propia a partir de SENER (2014b).

Con lo anterior la nueva estructura del SEN queda integrada con la participación de los actores antes mencionados (SENER, CRE, CENACE) en conjunto con la CFE y demás empresas privadas. Dicha estructura se presenta en la siguiente Figura.

Figura 40: Nueva estructura del SEN después de la Reforma Energética



Fuente: SENER (2014b).

Hay que puntualizar que a partir de la Reforma Energética, el área de energías renovables, particularmente en la solar y eólica, se seguirá impulsando que sean los particulares (inversionistas privados) los que continúen desarrollando este tipo de proyectos, con el apoyo federal en la eliminación de las barreras institucionales. Lo anterior, con la aprobación de las leyes secundarias (aprobadas en agosto de 2014) de la Reforma Energética, en particular a la referente a la industria eléctrica se establece el compromiso de la interconexión y la trasmisión de las energías limpias, principalmente en dos sentidos:

- Los generadores con fuentes limpias se podrán interconectar sin demoras ni sobrecostos (de manera más expedita reduciendo tiempos burocráticos).
- La planeación considerará la infraestructura necesaria para evacuar la energía de zonas con alto potencial renovable (construcción de mayores líneas de trasmisión en zonas donde se ubican recursos energéticos renovables).

En lo referente al impulso de la I+D en energías renovables la reforma plantea la creación del Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo, el cual iniciaría operaciones en 2015 y se encargará de captar los ingresos (después de descontar los impuestos) que reciba el Estado, por todos los proyectos de exploración y explotación de hidrocarburos desarrollados por empresas estatales productivas o privadas, tanto a través de asignaciones como de contratos.

Una vez que la cuenta del Fondo alcance el nivel mínimo establecido de recursos, podrá destinar recursos de su saldo acumulado restante a diferentes rubros, de los cuales el 10% serán destinados para financiar proyectos de inversión en ciencia, tecnología e innovación, y energías renovables.

Una crítica importante es que considerando que México tiene un gran potencial en energías renovables (eólica, solar, térmica, etc.), y que por lo tanto, estas podría abastecer una gran parte de los requerimientos eléctricos del país, la Reforma privilegia en mayor medida a los combustibles fósiles (hidrocarburos).

Hay que destacar, que a partir de diversas experiencias internacionales, se ha demostrado que las tecnologías renovables pueden disminuir significativamente los costos de la generación de electricidad y consolidar o desarrollar una industria local ligada a estos energéticos. Por ejemplo, según Greenpeace (2013), para el año 2020, México

podría cubrir el 44% de la demanda energética primaria con la explotación de los energéticos renovables y para el 2050 este porcentaje podría incrementarse hasta en un 93%. Claro pero para que esto fuera posible sería, necesario que desde ahora se privilegiara la implementación prolongada de estas tecnologías aunado al impulso y mayor gasto en I+D de dichas tecnologías con el fin de ir acumulando más y mejores capacidades tecnológicas locales en el sector.

Con la utilización de tecnologías renovables pero sobre todo en el impulso a una política industrial que favorezca el desarrollo de tecnologías locales, se podría disminuir de manera significativa los costos de generación de electricidad en comparación con el esquema actual, basado principalmente en combustibles fósiles, el cual además es un esquema que se encuentra fuertemente subsidiado.

Finalmente, hay destacar que otro agente clave y de gran relevancia en el aprovechamiento de la energía eólica y en general de la energías alternas es el Instituto de Investigación Eléctricas (IIE), el cual al día de hoy se encuentra el proyecto de desarrollar la primer turbina mexicana (llamada la Maquina Eólica Mexicana), conjuntamente cuenta con el primer centro de I+D y centro de pruebas para tecnologías eólicas, centro que lleva el nombre del Centro Regional de Tecnología Eólica (CERTE), además de ser el coordinador del Centro Mexicano de Innovación en Energía Eólica (CEMIE-Eólico), los cuales serán abordados más ampliamente en los siguientes Capítulos.

3.6 Análisis de comparación entre México y los casos de éxito internacionales

A pesar de que México cuenta con uno de los mejores potenciales para la generación eoloeléctrica en el Mundo, el aprovechamiento de esta fuente de energía ha sido muy limitado, contando actualmente con 2,551 MW instalados (al finalizar el 2014). Y a pesar de las expectativas de crecimiento contempla un incremento importante, no se tiene la certeza de poder alcanzarla y sobre todo de poder contar en un futuro cercano con una industria local ligada a la explotación de ésta fuente de energía (o una mayor presencia de los sectores productivos y educativos mexicanos). Entre las razones que podrían explicar la lenta evolución en el aprovechamiento de la energía eólica (en comparación con otros

países como Brasil) y una mayor presencia de las diferentes organizaciones mexicanas (y en México) en los desarrollos eólicos, son la falta de incentivos públicos para fomentar una mayor explotación de esta fuente de energía (políticas públicas), así como la falta de un esquema normativo y regulatorio que privilegie en mayor medida la explotación de la energía eólica presente en México, tanto por parte del sector público como del privado.

Experiencias internacionales, como el caso de España y China, han demostrado la importancia y el impacto que pueden tener ciertos mecanismos regulatorios en el desarrollo de la industria eólica local que favorezca una mayor explotación del recurso eólico con el que cuentan. Un ejemplo claro de lo anterior son aquellos mecanismos que buscan atraer a sus países empresas manufactureras líderes en el sector e imponer un porcentaje de contenido local de las tecnologías instaladas y manufacturadas en el país de manera más rigurosa. Además de la implementación de programas de subsidios temporales a la generación eólica para favorecer las inversiones en dicha energía (y las demás fuentes renovables), así como el establecimiento de metas mínimas de generación eólica en conjunto con otras fuentes renovables.

En el siguiente Cuadro se presenta un análisis comparativo de los principales elementos que han favorecido el despliegue de la energía eólica y la conformación de una industria local ligada al aprovechamiento de esta fuente de energía, de esta manera se presenta el comparativo de México con España y China .

Cuadro 32: Aspectos comparativos en el aprovechamiento eólico entre España, China y México

Aspectos a comparar	España	China	México
Inicio de explotación eólica a gran potencia	Años 80s	Años 90s (se instalan los primeros parque eólicos de gran potencia)	1994 (primer proyecto piloto)
MW instalados al 2014	23,000 MW	114,763 MW	2,551 MW
Participación de la eólica la matriz energética (2014)	21%	2.6%	2%
Metas mínimas como objetivo para la transición energética	35.000 MW instalados a 2020 en eólica en tierra y 3.000 MW en eólica marina.	5% de energía eólica para el 2015 y 20% de energías renovables en 2020	12,000/15,000 MW entre el 2020-2022
Requerimientos mínimos de componentes nacionales	N/D (empresas locales líderes a nivel mundial que participan en toda la cadena de valor)	70% de componentes locales (tecnologías maquiladas en el territorio).	Si (el contenido local se encuentra determinado por cada organismo de verificación)
Subsidios a la electricidad provenientes de las fuentes renovables	SI, (previo a la Reforma Eléctrica, 2013)	SI, (Subsidios y precios preferenciales para atraer mayores inversiones).	NO, (pero si cuenta con esquemas para dar certidumbre a las inversiones).
Certidumbre para participación privada	SI (previo a la Reforma Eléctrica, 2013)	SI, esquema financiero y tecnológico fortalecido con reformas a sus leyes energéticas.	SI, mediante el desarrollo de proyectos de autoabastecimiento, productor independiente, etc.
I+D y fabricación en serie de aerogeneradores	SI, con empresas como ACCIONA y GAMESA, entre otras	SI, mediante acuerdos comerciales para la asimilación de tecnología.	NO hay fabricación (maquila) local de aerogeneradores
Empresas locales líderes en el sector (tecnología propia)	ACCIONA Energía, GAMESA, IBERDROLA	Goldwind, United Power, Sinovel, XEMC	SI, pero sólo algunas empresas de componentes y servicios
Reforma energética que incentive la transición energética	La nueva Reforma Eléctrica (2013) busca frenar la explotación eólica.	Ley de energías renovables (2005) que establece incentivos fiscales y programas de I+D en el sector.	La nueva Reforma Energética (2013), busca incentivar una mayor explotación de los energéticos renovables, sin embargo privilegia la explotación de los recursos fósiles.
Líneas de transmisión	Han logrado dar solución de cobertura.	Limitaciones en cobertura, pero han dado solución.	Limitaciones en cobertura, pero han dado solución.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversa información recabada.

Hay que puntualizar que existen elementos propios a cada caso, y se dan con contexto e intereses totalmente diferentes, sin embargo el objetivo del Cuadro fue presentar y contrastar aquellos elementos centrales y comunes entre España y China y que por lo tanto, podrían ser relevantes para México.

México se encuentra muy a tiempo de poder aplicar aspectos centrales (políticas públicas e industriales) que han permitido hacer de la energía eólica un éxito en otros países, como los previamente analizados. El primer paso es establecer metas mínimas de generación de energía eólica tanto a corto como a mediano plazo que tienen que ser cumplidas (alcanzables), las cuales tienen que ser ajustadas constantemente como lo ha hecho China y plantear objetivos cada vez más ambiciosos, considerando que sus metas de corto plazo han sido siempre superadas por dicho país, de esta manera que siempre se plantean objetivos más ambiciosos.

Además es necesario asegurar mecanismos de financiamiento suficientes y sostenibles, como ha sido el caso de España y China donde las metas de generación mínimas establecidas se acompañaban de diferentes instrumentos de apoyo para financiar la generación de este tipo de energía, pero sobre todo a la par de la explotación energética se apoya la I+D de tecnologías en territorio nacional, mediante acuerdos comerciales con empresas líderes en el mercado internacional y de vinculación con dichas empresas y empresas locales así como con centros de I+D locales y Universidades.

En torno al tema de los incentivos financieros para los desarrolladores de estos tipos de proyectos, sería importante que México lograra implementar un esquema de subsidio a la generación de esta fuente de energía y/o precios preferenciales competitivos, en comparación con los que reciben los energéticos convencionales (deben ser suficiente y sostenible) como lo ha hecho China y como lo había hecho España hasta antes de su Reforma Eléctrica del 2013.

Así mismo poner especial atención a un aspecto que ha sido una limitante para un mayor desarrollo de proyectos eólicos, no sólo en México sino que ha sido presente en otros países como China. Esto es el impulso a un mayor desarrollo de líneas de transmisión para canalizar la energía eólica producida, ya que se debe de tomar en cuenta que ésta se distribuye en zonas no necesariamente cercanas a los centros de demanda (claro ejemplo de ello ha sido China y México). Es una realidad que, la falta de una mayor infraestructura en líneas de transmisión, provoca problemas para la planificación y desarrollo de proyectos eólicos al no ser posible la transmisión de la energía eléctrica que estos proyectos generan. Dicho problema puede retrasar sensiblemente el desarrollo de dichos proyectos u hasta frenarlos, en México el programa de Temporada Abierta, sin lugar a sido un éxito al permitir el crecimiento de la energía eólica, sin embargo bajo las

proyecciones de crecimiento en la capacidad instalada con esta tecnológica, la infraestructura en líneas de transmisión con las que hoy se cuentan quedarán sobrepasadas rápidamente.

Conclusiones

Estudios de carácter internacional como el SRREN-IPCC (2011) han demostrado que la energía eólica ofrece un potencial significativo para el mediano (2020) y largo plazo (2050) en la estrategia de mitigación de los efectos del cambio climático a partir de la reducción de emisiones en el sector energético mundial. La energía eólica en tierra (*Onshore*) ya está siendo implementada a un ritmo rápido en muchos países (como China, USA, Alemania, etc.), lo cual ha dejado de manifiesto que en la actualidad no existen obstáculos técnicos insuperables que pudieran impedir un mayor nivel de penetración de la energía eólica en los sistemas eléctricos de los diferentes países que cuentan con recursos eólicos (en mayor o menor medida).

Alrededor del Mundo, el sector eoloeléctrico se ha expandido en los últimos años rápidamente. Esto ha permitido que los aerogeneradores modernos hayan evolucionado desde pequeñas máquinas, simples o con dispositivos grandes y muy sofisticadas, impulsadas en parte por más de tres décadas de I+D básica y aplicada. Las turbinas eólicas han incrementado su capacidad nominal dramáticamente desde la década de 1980, de aproximadamente 75 KW (0.075 MW) a 1,5 y hasta 3 MW en los últimos años, los rotores de las turbinas a menudo exceden los 80 metros de diámetro y se colocan en las torres de más de 80 metros de altura. Todo esto aunado a la identificación de las zonas que cuentan con importantes recursos eólicos, además de sistemas más sofisticados de medición del recurso, han permitido que la energía eólica se convierta cada vez más competitiva en todo el mercado energético, además de considerar los diferentes impactos ambientales positivos que representa.

Sin embargo, la energía eólica sigue siendo una fracción relativamente pequeña del suministro de electricidad en todo el Mundo, y el crecimiento se ha concentrado principalmente en Europa, Asia y América del Norte. Hay que destacar que en tan sólo unos cuantos años China ha logrado posicionarse como el líder mundial en la capacidad instalada con esta tecnología con más de 114,000 MW al 2014, por lo cual se le reconoce

como un caso de exitoso ya que no sólo ha tenido una actividad muy dinámica en la generación eoloelectrónica, sino además a la par ha logrado consolidar una gran industria ligada a esta tecnología, es decir además de utilizar y adaptar la tecnología, ha logrado incursionar en procesos de aprendizaje y desarrollo tecnológico de manera local (en donde participa tanto organizaciones del sector privado como gubernamentales y centros de educación superior). Lo anterior, no hubiera sido posible sin la consolidación de un marco institucional y normativo fuerte con objetivos bien claros que facilitarían este proceso, con el objetivo de diversificar los beneficios que la industria genera localmente.

España es otro caso de éxito que ha logrado posicionar a la energía eólica como una de sus principales fuentes de suministro y que además ha conseguido consolidar un industria ligada a esta fuente de energía, industria que participa en toda la cadena de valor del sector, y que ha sido parte importante en el desarrollo de los proyectos desarrollados en México. Sin embargo, a pesar de que España hoy es un referente en el sector, este papel preponderante se encuentra en riesgos, esto por el poco interés que existe por parte del actual Gobierno para seguir impulsándola.

Un elemento importante que existe en la proyección a futuro para la energía eólica en el Mundo, es que se han podido identificar otras zonas con potenciales similares o superiores a las regiones líderes en la explotación de este recurso energético, tal es el caso de diferentes regiones en América Latina y en particular en México y Brasil.

Con lo anterior, no se pretende afirmar que la energía eólica es la única ni la solución más importante para garantizar una soberanía energética ni la única estrategia para mitigar los efectos del cambio climático, más bien se propone como una alternativa o complemento dentro de las diversas estrategias de mitigación del cambio climático y un sistema energético bajo en carbono. Experiencias alrededor del Mundo han demostrado que la integración exitosa de la energía eólica en los sistemas energéticos actuales se puede lograr. Sin embargo, para México, la energía eólica tiene diferentes características que plantean nuevos retos para los desarrolladores, planificadores y operadores del sistema, ya que en las condiciones locales se requiere necesariamente de la incursión en procesos de aprendizaje tecnológico con el fin de desarrollar una industria eoloelectrónica local que permita una adecuada explotación del potencial del viento existente en México.

La realidad para México es que a pesar de los esfuerzos, aún falta mucho por hacer para aprovechar, por lo menos una parte importante del potencial existente, para lo cual se

requiere necesariamente de esfuerzos internos (tanto financieros como de política pública) para acumular capacidades tecnológicas que permitan a nuestro país ser un actor tecnológico en el sector, y por lo tanto, ampliar los beneficios derivados de la explotación de esta fuente de energía. En este sentido, el interés de la presente investigación es analizar cuál es la situación de México en el tema de capacidades tecnológicas en el sector eólico.

Un incremento en la I+D, y por lo tanto, en los procesos de aprendizaje tecnológico, se espera que conduzca a la reducción de los costos de la tecnología eólica, como ha sucedido en España y China. El incremento de los gastos de I+D puede ser especialmente importante para el desarrollo de tecnologías cada vez más eficientes especialmente, para aquellos mercados con buenos recursos eólicos como México, impulsando así el despliegue de energía eólica, en este sentido, la transferencia de tecnología puede ayudar a facilitar al desarrollo de tecnologías endógenas (como fue el caso de China) y teniendo como una de las más importantes oportunidades el desarrollo de una cadena de suministros al sector que permita no sólo abastecer al mercado local sino internacional. Lo cual no será posible sin el desarrollo de capacidades tecnológicas locales por parte de los actores centrales, tanto de la industria como de la academia y el Gobierno.

Destacando que México aún se encuentra muy a tiempo para poder tener un papel más importante en el sector y generar mayores beneficios locales, ello mediante la implementación de diferentes políticas que han sido exitosas en otros países y que han hecho de la energía eólica un éxito. Respecto a lo anterior y retomando el tema de la Reforma Energética (2013), hay que destacar que ésta no resulta para nada paradigmática en la transición energética basada en energías renovables en general y en la eólica en particular, ya que dicha reforma sigue privilegiando la explotación de los hidrocarburos, esto a pesar del importante potencial energético renovable con el que cuenta México. Sin embargo, se tienen la esperanza que con las diferentes adecuaciones a los marco normativos derivados de la reforma ya mencionada, la participación de las energías renovables en el sector eléctrico siga creciendo mediante la certidumbre a las inversiones tanto del sector privado (nacionales e internacionales) como del sector público.

Finalmente hay que puntualizar que la transición energética mediante un uso más

extensivo de las energías renovables es un asunto necesario y urgente, no sólo para hacer frente a los efectos del cambio climático sino para garantizar el bienestar social y el crecimiento económico de las regiones y los países.

Capítulo 4: Capacidades tecnológicas del sector eólico en México: El caso de los centros de I+D y las entidades de educación superior

Introducción

Como se ha expuesto anteriormente, en los últimos años la energía eólica alrededor del Mundo ha experimentado un importante crecimiento y expectativa tanto a nivel nacional⁶⁴ como internacional. Dicho crecimiento se ha visto impulsado por diferentes causas, tales como: los diferentes compromisos internacionales para el combate al cambio climático (reducción de emisiones de GEI), el contexto internacional para aprovechar las energías alternas con el fin de transitar a una diversificación de la matriz energética (que garantice una mayor seguridad energética), así como el propio aprovechamiento del recurso en aquellas regiones donde se localizan potenciales importantes.

El incremento en la capacidad instalada en México para la generación de energía eléctrica a partir del viento y la necesidad de aprovechar el recurso eólico existente en diferentes regiones del país ha puesto de manifiesto la necesidad de la conformación y/o fortalecimiento de una industria ligada al aprovechamiento de este tipo de energía y la conformación de una cadena de proveeduría que abastezca los requerimientos de la creciente demanda del sector. Para lo cual, se requiere del impulso a la creación de nuevos productos (componentes y equipos) y a la prestación de diferentes servicios al sector; al desarrollo de nuevos procesos; la introducción de cambios organizacionales y sociales (particularmente en las regiones donde se instalan este tipo de proyectos); de nuevos vínculos de colaboración tecnológica, la formación de recursos humanos altamente capacitados, y por su puesto de nuevas estrategias de mercado, lo cual, no es posible sin la incursión en procesos de aprendizaje tecnológico para las empresas y de las diferentes organizaciones locales (como centros de I+D y universidades) que faciliten la construcción de capacidades tecnológicas que garanticen una ventaja competitiva para la consolidación y crecimiento de una industria local en el sector⁶⁵.

A pesar de que la tecnología eólica es una tecnología madura que ha logrado difundirse y consolidarse en diferentes países, esta tecnología no ha dejado de desarrollarse, ya que

⁶⁴Principalmente en la última década con la puesta en marcha del Parque Eólico la Venta II de CFE en el año 2006.

⁶⁵ Esto con el objetivo principal de que mayores beneficios se difundan al interior del país.

gradualmente ha mostrado una mayor evolución, principalmente en su eficiencia. En particular en los últimos años el avance técnico en el sector se ha dado de manera más rápida y continua, en este sentido, resulta importante que México logre aprovechar algunas de las ventanas de oportunidad que la energía eólica ofrece y de las cuales pueden beneficiarse diferentes organizaciones mexicanas, tales como los centros de I+D y los centros de educación superior, lo anterior, considerando que las proyecciones tanto a corto y mediano plazo proyectan un importante crecimiento en la capacidad instalada de este tipo de energía.

Hay que destacar que algunos centros de I+D y Universidades, previo al inicio de la explotación eólica de gran potencia ya realizaban investigaciones en el sector, investigaciones que estuvieron dirigidas principalmente a fines educativos, sin embargo en la actualidad, con el desarrollo de proyectos eólicos de gran potencia, dichas organizaciones, han logrado participar de diferentes maneras en los mismo y han mostrado interés por participar de una manera más activa. Es así que diferentes organizaciones de este tipo buscan aprovechar oportunidades que el sector eólico ofrece, para lo cual han logrado construir diversas capacidades tecnológicas en el sector (esto a partir de sus actividades particulares y propósitos específicos de la organización).

Bajo estas consideraciones el propósito del presente capítulo es, presentar, caracterizar y analizar las capacidades tecnológicas construidas por los centros de I+D y las entidades de educación superior aquí analizadas. Capacidades construidas mediante sus diferentes actividades que dichas organizaciones han realizado para el sector eólico en México. Para tal propósito se parte de la propuesta metodológica de Bell y Pavitt (1995), para caracterizar las capacidades tecnológicas de las empresas (que en el presente trabajo se utiliza el término de organizaciones para incluir a las universidades, centros de I+D y las empresas).

El Capítulo se divide en tres apartados principales, en el primero se presentan los aspectos metodológicos en los que se sustenta el análisis de las capacidades tecnológicas de las organizaciones estudiadas en el presente Capítulo y en el Capítulo 5. En el segundo apartado se presenta un breve análisis de las áreas de oportunidad para las organizaciones en las que tendrían que centrarse la acumulación de capacidades tecnológicas de las organizaciones en el sector eólico en México a partir de la cadena de valor del sector. Y finalmente en el tercer apartado se presenta el análisis de capacidades

tecnológicas para este primer grupo de organizaciones estudiadas.

4.1 Aspectos metodológicos para el análisis de Capacidades Tecnológicas

El análisis de las capacidades tecnológicas para la presente investigación se basa en una estrategia de investigación de las ciencias sociales ampliamente difundida en el área, denominada estudio de casos⁶⁶. Dicha metodología busca comprender por métodos cualitativos, tales como la observación participante, la entrevista a profundidad y otros instrumentos, entender la realidad tal como otras personas, agentes económicos y/o sociales la perciben y/o experimentan.

La importancia de la investigación basada en estudio de casos se centra, según la definición de Yin (1994: 13):

En que es “una investigación empírica que estudia un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto de la vida real, especialmente cuando los límites entre el fenómeno y su contexto no son claramente evidentes. [...] Una investigación de estudio de caso trata exitosamente con una situación técnicamente distintiva en la cual hay muchas más variables de interés que datos observables; y, como resultado, se basa en múltiples fuentes de evidencia, con datos que deben converger en un estilo de triangulación; y, también como resultado, se beneficia del desarrollo previo de proposiciones teóricas (y metodológicas) que guían la recolección y el análisis de datos.”

En este sentido, “constituye un método que permite estudiar la mayoría de las variables relevantes de una realidad concreta y específica, al tiempo que considera el contexto como parte esencial del fenómeno bajo análisis” (Yin, 1994: 64). El estudio de caso, puede ser usado tanto para la conceptualización teórica de un fenómeno nuevo, por ejemplo, la investigación de las nuevas técnicas que surgen en los entornos productivos; como para la contrastación de teorías previamente formuladas⁶⁷.

Por las razones anteriormente mencionadas, es que la metodología de estudio de casos es la estrategia utilizada para la presente investigación debido a que como es planteado por Yin (1994), la investigación se diseña en base a los siguientes puntos:

1. Las preguntas de la investigación planteadas son de la forma “cómo” o “por qué”,

⁶⁶ El estudio de casos permite usar diferentes fuentes de información e incluir un análisis retrospectivo, que contribuye a entender mejor las bases del comportamiento actual de las empresas y de las instituciones, así como de los problemas que enfrentan en la actualidad (Taylor y Bogdan, 1992).

⁶⁷ La idea básica es que la investigación empírica avanza sólo cuando va acompañada del pensamiento lógico y no cuando es tratada como un esfuerzo mecánico (Yin, 1994).

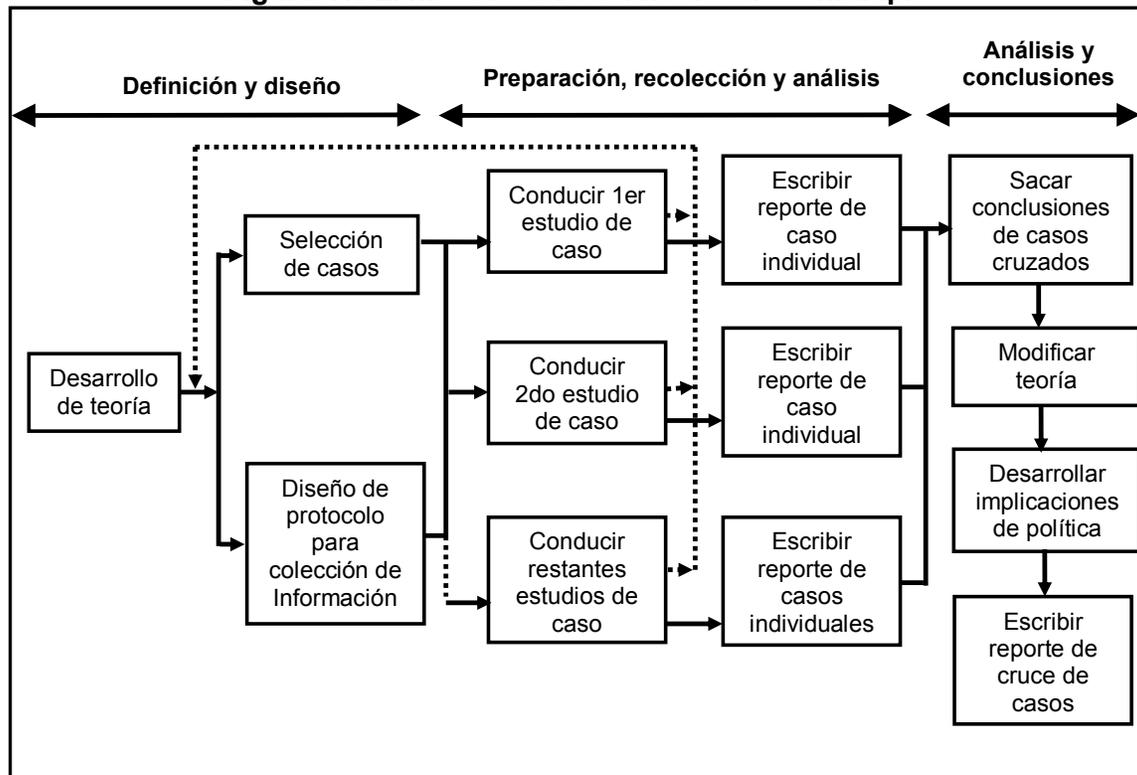
2. No se tiene ningún control sobre los eventos que se van a analizar (como si puede llegar a ocurrir en un laboratorio), y
3. El fenómeno que se analiza es contemporáneo de la vida real (en un tiempo y espacio específico).

Bajo este contexto es importante mencionar que Yin (1994), define específicamente un tipo de estudio de caso denominado “exploratorio”, el cual sirve de base para realizar las visitas de campo de toda la investigación. La importancia del estudio de casos exploratorios es que son útiles para identificar problemas no abordados por la bibliografía y se basa en una forma o manera de investigar un tópico empírico siguiendo un conjunto de procedimientos pre-especificados (tales como definir el problema, diseñar el método de recolección de datos, definir el análisis y presentar el informe), que permite obtener respuestas a interrogantes previamente planteadas, a partir de los datos recogidos en el trabajo de campo.

En la presente investigación se plantea, no sólo la utilización de la metodología de estudio de casos, sino como un diseño de un estudio de caso múltiple, como lo describe Yin (1994), el cual se desarrolla cuando el mismo estudio tiene más de un caso simple. Cada caso debe de servir a un propósito específico dentro del alcance total de la investigación. La lógica que se asume es la lógica de la réplica o contrastación. Así, cada caso se selecciona de manera que i) predice similares resultados: una réplica literal; o ii) produce resultados constantes, pero por razones predecibles: replica teórica y/o conceptual, como el caso del tema de “las capacidades tecnológicas en el sector eólico en México” planteado en la presente investigación.

La metodología de estudio de casos múltiples es descrita y sistematizada de manera clara por Yin (1994) mediante un diagrama, el cual se presenta en la Figura 41. Dicho diagrama describe a grandes rasgos que el estudio de caso múltiple se divide en 3 etapas principales, a decir: i) la definición y diseño de los casos; ii) la preparación, recolección y análisis de datos y finalmente un iii) análisis de casos y conclusiones.

Figura 41: El método del estudio de casos múltiple



Fuente: Yin (1994: 49).

El interés principal para la selección de la metodología del estudio de casos múltiple en la presente investigación es tratar de encontrar evidencias que puedan considerarse más sólidas y convincentes, ya que la intención en el estudio de casos múltiples es que coincidan y/o complemente los resultados de los distintos casos en la problemática a estudiar, lo cual permitiría añadir validez a la teoría propuesta como marco teórico. El propósito es que cada caso ostente un propósito determinado, por lo que la elección de los mismos no se realiza según los criterios muestrales estadísticos sino por razones teóricas, buscando un conjunto de casos que sea representativo y/o relevante del fenómeno a analizar (ello en base a la accesibilidad de los casos).

La importancia del estudio de caso en las ciencias sociales, es que se centra en la particularidad y en la complejidad de un caso o problemática singular, además de que se estudia un caso cuando éste tiene un interés muy especial en sí mismo y en un contexto específico relevante. De esta manera, el estudio de caso contribuye únicamente al

conocimiento de fenómenos individuales en contextos y tiempos específicos⁶⁸.

4.1.1 Matriz adaptada para el sector eólico en México

La construcción de la matriz para el análisis de capacidades tecnológicas para el sector eólico mexicano partió del marco analítico propuesto por Bell y Pavitt (1955), ya previamente presentado en el Capítulo 1. Hay que destacar que se respeta la filosofía de la taxonomía original previamente mencionada, sin embargo a partir de la evidencia sobre las características propias del sector, por lo cual hay modificaciones a algunas variables (actividades) en cada uno de los niveles y funciones técnicas. Puntualizando que para los fines de la presente investigación únicamente son retomadas las capacidades tecnológicas de innovación, es decir aquellas capacidades que permiten a la organización generar y administrar el cambio técnico, según la definición de Bell y Pavitt (1995), por lo tanto, no son utilizadas las capacidades básicas de producción. La matriz adaptada para el sector eólico se presenta en el Cuadro 33.

Hay que destacar que la matriz en cada nivel se enumera aquellas actividades y características más relevantes en la construcción de capacidades tecnológicas, sin embargo hay que subrayar que en cada organización analizada se presentan determinadas particularidades en base a su origen y actividades realizadas para el sector eólico en México.

⁶⁸ De esta manera es que una limitación importante que presenta la utilización del estudio de caso, radica en la concepción que se tiene acerca de la generalización de los hallazgos. Cada caso es único dentro de su contexto particular y esto se puede considerar como un obstáculo para poder hacer generalizaciones. En este sentido, es que Yin (1994) enfatiza tal dificultad, indicando que la generalización que se realiza desde los estudios de casos no se hace a poblaciones o universos, sino a planteamientos teóricos y conceptuales específicos. Siendo así, no se constituyen este tipo de estudios en "muestras", y lo que se busca es expandir y generalizar teorías y no enumerar frecuencias (es decir, generalización teórica y no estadística).

Cuadro 33: Matriz adaptada de Bell y Pavitt (1995) adaptada para el análisis de capacidades tecnológicas del sector eólico en México

Nivel	Actividades Primarias				Actividades de Soporte y vinculación	
	Inversión		Producción		(5) Desarrollo de vínculos	(6) Modificación de equipo
	(1) Toma de decisiones y control	(2) Preparación y ejecución del proyecto	(3) Procesos y organización de la producción	(4) Centrada en el producto		
Capacidades tecnológicas (capacidades para generar y administrar el cambio técnico)						
Básicas (A)	A1.1. Monitoreo activo y control de: A1.1.a. Estudios de factibilidad A1.1.b. Selección de tecnología/proveedores A1.1.c. Programación de actividades A1.2. Otros	A2.1. Estudios de factibilidad A2.2. Obtención de equipo estándar A2.3. Auxiliares en ingeniería básica A2.4. Otros	A3.1. Puesta en marcha y operación A3.2. Mejora de diseño y mantenimiento. A3.3. Adaptaciones menores A3.4. Otros	A4.1. Reparación y adaptaciones técnicas a las condiciones físicas locales A4.2. Otros	A5.1. Inves. y absorción de información de los proveedores, consumidores, e instituciones locales A5.2. Proyectos conjuntos con otras organizaciones para la formación y capacitación RH A5.3. Otros	A6.1. Adaptación simple de diseños y especificaciones ya existentes (adaptaciones colaborativas con la matriz y/o otras organizaciones) A6.2. Otros
Intermedias (B)	B1.1. Búsqueda, evaluación y selección de tecnología/proveedores B1.2. Negociación con proveedores (oferentes). B1.3. Administración del proyecto completo B1.4. Otros	B2.1. Ingeniería de detalle B2.2. Adquisición del equipo B2.3. Estudios de valoración ambiental B2.4. Administración y seguimiento del Proyecto B2.5. Capacitación y reclutamiento (RH capacitados) B2.6. Otros	B3.1. Mejora de procesos y productos B3.2. Licenciamiento de nueva tecnología B3.3. Introducción de cambios organizacionales B3.4. Otros	B4.1. Licenciamiento nueva tecnología y/o ingeniería de reversa B4.2. Diseño de nuevos componentes y equipos B4.3. Otros	B5.1. Vinculación tecnológica para aumentar la eficiencia, la calidad y el abastecimiento local. B5.2. Maquila de equipos en territorio nacional B5.3. Establecimiento de grupos de trabajo entre socios institucionales B5.4. Otros	B6.1. Innovaciones incrementales a partir de ingeniería de reversa y diseño de maquinaria y equipo B6.2. Otros
Avanzadas (C)	C1.1. Desarrollo de nuevos productos y componentes C1.2. Otros	C2.1. Procesos básicos de diseño e I+D Relacionada C2.2. Otros	C3.1. Innovaciones en proceso y actividades de I+D relacionada C3.2. Innovaciones organizacionales C3.3. Formación de RH C3.4. Otros	C4.1. Actividades de I+D relacionada C4.2. Otros	C5.1. Colaboración en desarrollo tecnológico. C5.2. Procesos de vinculación (uni-emp-gob) C5.3. Otros	C6.1. I+D para diseño de nuevos productos y componentes (equipos y servicios) C6.2. Otros

Fuente: Elaboración propia a partir de la propuesta metodológica de Bell y Pavitt (1995).

Dentro de los principales aportes realizados en esta matriz adaptada son los referentes a los temas de reclutamiento de personal calificado y formación de recursos humanos (RH) ya que son dos aspectos que resultan centrales para el sector aquí estudiado y que no se

encuentran presentes la propuesta original de Bell y Pavitt (1995). Así mismo se integra el concepto de adaptaciones técnicas menores en base a las condiciones físicas locales así como las actividades de vinculación entre las organizaciones del tipo Universidad-Empresa-Gobierno, para diferentes fines como puede ser mejoras tecnológicas, socialización de experiencias y hasta para la propia formación de recursos humanos.

Además es necesario puntualizar que hay elementos que resultan importantes y que no se encuentran presentes en la matriz original pero tampoco son incorporados en la actual matriz adaptada, tal es el caso del contexto (histórico, político, ambiental, etc.), y los aspectos institucionales (marcos normativos), por lo cual esta podría ser una crítica a la propuesta original de Bell y Pavitt (1995), pero a la vez un aporte que podría ser integrado a la propuesta en un futuro⁶⁹.

Para la recolección de información y aplicación de la metodología se desarrolló un guion de entrevista el cual tiene como objetivo detectar qué tipo de actividades realizan las organizaciones, en la acumulación de capacidades tecnológicas en el sector eólico a partir de las actividades descritas por Bell y Pavitt (1995), aunque para este caso se hacen algunas adecuaciones, principalmente en el tema de la formación de recursos humanos, considerando que algunas de las organizaciones estudiadas (principalmente, Universidades y Centros de I+D), tienen como principal función la formación de recursos humanos y la realización de actividades de I+D relacionada. El instrumento para la recolección de información (guion de entrevista) se presenta en el Anexo 4.

Antes de proceder al análisis del primer grupo de organizaciones presentadas en el actual Capítulo, primero se hace un breve análisis de las principales áreas de oportunidad para las organizaciones en la conformación de capacidades tecnológicas en México.

4.2 Áreas de oportunidad para la creación de capacidades tecnológicas en México

Primero que nada es importante presentar un panorama general de cuáles son aquellas áreas de oportunidad que el sector eólico ofrece y que, por lo tanto, resultan relevantes

⁶⁹ Hay que destacar que dicha crítica y aporte no fue incorporado al análisis del presente documento ya que fueron aspectos detectados recientemente (septiembre 2014).

para las organizaciones con interés de participar en dicho sector. Hay que destacar que lo anterior resulta central tanto para las organizaciones mexicanas y en México así como para los diferentes sectores productivos (públicos/privados) y de educación (educación superior y de I+D).

Recordando que la energía eólica es una clara historia de éxito ligada a procesos de I+D de diversas tecnologías que han logrado integrarse y hacer de la energía eólica una de las energías renovables que más se han logrado difundir alrededor del Mundo. La tecnología eólica ha logrado hacerse cada vez más eficiente gracias a un conjunto capacidades tecnologías acumuladas, las cuales se siguen modernizando y reforzando, ello resulta relevante en favor de la expectativa de crecimiento de dicha tecnología en el Mundo, en donde México cobra un papel relevante por los recursos eólicos existentes en el país. De esta manera es que la energía eólica se plantea como una oportunidad de desarrollo para la industria local, donde el primer paso es la consolidación de una cadena de suministros (fabricación de componentes y servicios) y la identificación de nuevas oportunidades de desarrollo para diversas industrias ya consolidadas en el país.

Y si bien la explotación/exploración de la energía eólica representa una gama de oportunidades, hay que destacar que también representa importantes desafíos (debilidades y amenazas) para un óptimo aprovechamiento del recurso, en este sentido, a continuación se presenta un análisis DAFO⁷⁰ realizado para la energía eólica en México.

⁷⁰ El análisis DAFO (Debilidades – Amenazas – Fortalezas – Oportunidades) es el método más sencillo y eficaz para decidir sobre el futuro. Ayuda a plantear las acciones que se deben de poner en marcha para aprovechar las oportunidades detectadas y a prepararse para enfrentar las amenazas teniendo conciencia de las debilidades y fortalezas.

Cuadro 34: Análisis DAFO para la energía eólica en México

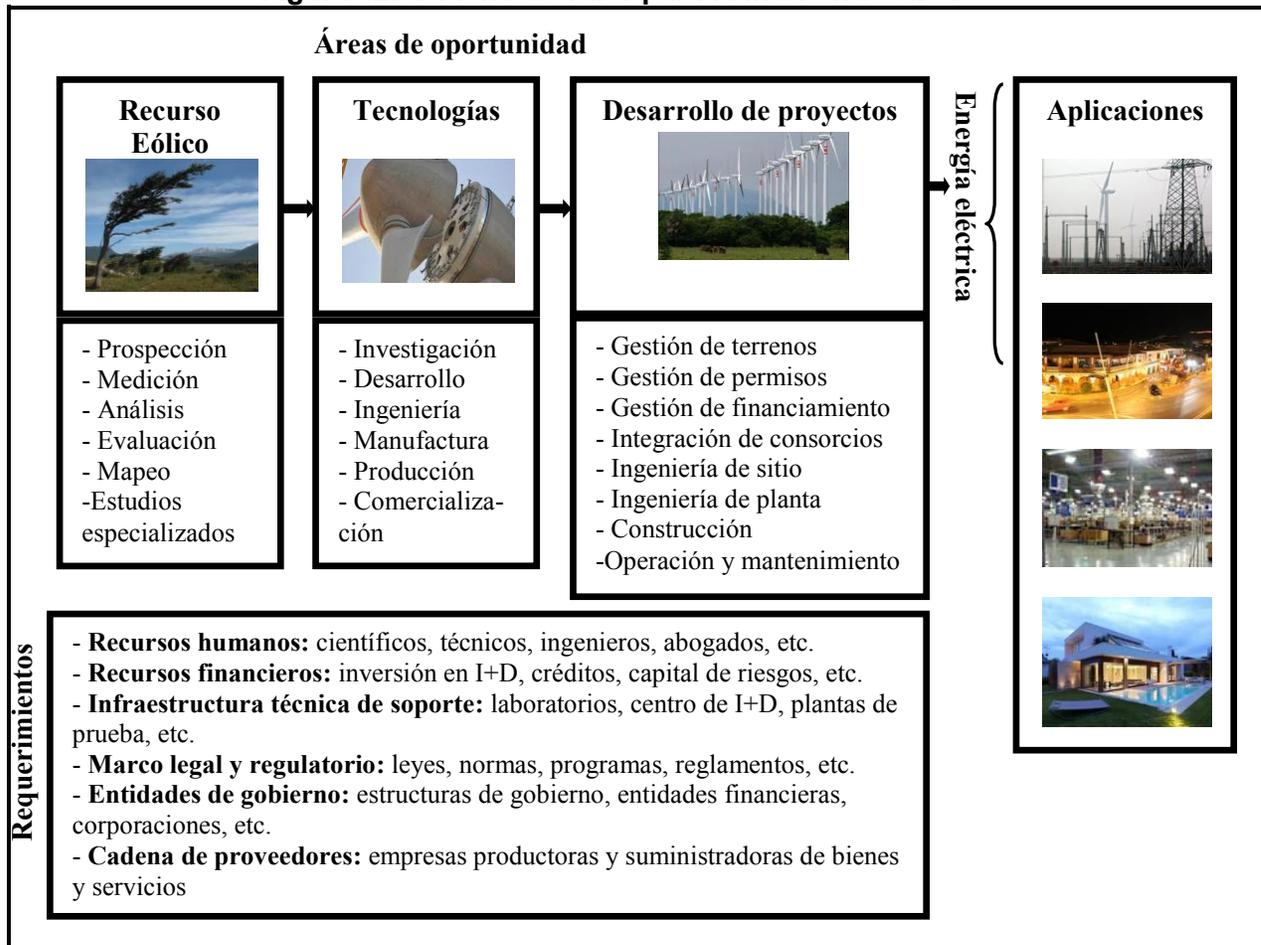
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - La Intermittencia del recurso y la <i>geolocalización</i> del recurso en zonas específicas para su explotación a gran escala (proyectos de gran escala). - Periodo muy corto en el aprovechamiento del recurso. - Poco competitiva con las energías convencionales (al ser México productor de petróleo). - Alta inversión para el desarrollo de un proyecto, lo que la hace accesible sólo a la inversión privada. - Poca difusión de sus beneficios por parte de la sociedad. - Poco apoyo a nivel federal (normatividades que benefician únicamente al sector privado). - Impactos ambientales y visuales. - Impactos sociales negativos por acuerdos oportunistas en el arrendamiento de la tierra (por parte de los propios Gobiernos local/nacional como por los privados). - Dependencia tecnológica (importación de todos los aerogeneradores de gran potencia). - Falta de capital humano capacitado (tanto a nivel de desarrollo como operación del parque). - Poco interés por parte de los Gobiernos locales y Federal para el impulso de una industria domestica ligada a esta fuente de energía. - Pocos incentivos institucionales para la explotación del recurso. - Insuficiente infraestructura de trasmisión en las regiones donde se localiza el recurso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas sociales por el arrendamiento de tierras a causa de convenios no claros (oportunistas). - Oposición de las comunidades para el desarrollo de proyectos. - Ignorancia de algunos sectores de la sociedad que piensan que dichos proyectos pueden ser nocivos para la salud. - Poca oferta de aerogeneradores para cubrir la creciente demanda en México y el Mundo (siguen siendo pocas las empresas desarrolladoras de tecnología en el Mundo). - No poder superar la dependencia tecnológica (falta de interés para conformar una industria nacional, tanto a nivel de componentes como en equipos). - Incertidumbre por problemas de carácter político a nivel local como nacional (clientelismo político y pago de favores). - Agotamiento de las redes de distribución eléctrica (falta de infraestructura). - Problemas en las redes por la interconexión de la energía (variabilidades de voltaje). - Reforma Energética que privilegia a las energías convencionales. - Eliminación de incentivos para el aprovechamiento del recurso eólico. - Problemas de carácter económico que lleve a la quiebra a los desarrolladores de equipos y proyectos. - Regulaciones obsoletas o no adecuadas.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación geográfica privilegiada para la explotación del recurso. - Energía limpia que permite la diversificación de la matriz energética y representa una estrategia para el combate al cambio climático. - Estimaciones confiables de los recursos eólicos existentes en el país (mapa del recurso eólico). - Una de las fuentes de energía renovable mayormente explotada en México, sólo atrás de la hidráulica. - Creación de empleos y mejor pagados (directos e indirectos) para las regiones donde se explota actualmente el recurso. - Interés por parte del sector educativo de la región (universidades y centro de I+D) para la formación de capital humano calificado. - Acuerdos de colaboración Universidad-Empresa-Gobiernos para la formación de recursos humanos. - Cerca de 2000 MW instalados en menos de 15 años (lo que lo posiciona como uno de los crecimientos más importantes en Latinoamérica). - Importantes puertos marítimos en todo el país. - Certidumbre económica y financiera para los inversionistas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Oportunidades para la manufactura y proveeduría de servicios y para convertirse en la principal oferta de energías limpias en el país. - El desarrollo de una cadena de proveeduría para el sector con empresas locales. - Cerrar la brecha tecnológica mediante la conformación de una industria local (domestica). - Acuerdo de colaboración (uní-empresa-Gob.) para el desarrollo o fortalecimiento de capacidades tecnológicas. - Otros sectores industriales desarrollados en el país podría aportar su conocimiento al sector eólico (automotriz, metal-mecánica, etc.). - Explotación del recurso a pequeña escala y sistemas híbridos con otras fuentes de energías renovables (para uso doméstico e industrial). - Importantes regiones por explotar en todo el territorio nacional. - La industria eólica podría proveer hasta 25% de la demanda total de energía eléctrica de México. - Formación de recursos humanos local (nuevas fuentes de empleo de los lugareños). - Mejores condiciones de vida para los lugareños (mejores servicios y distribución de beneficios).

Fuente: Elaboración propia a partir de diferentes fuentes de información.

No hay que olvidar que México por su ubicación geográfica cuenta con abundantes recursos eólicos, aunado a que en territorio nacional se encuentran consolidados diferentes sectores industriales que podrían apuntalar una industria eólica local, pero también es necesario reconocer que al día de hoy es poco lo que se hace en el aprovechamiento de dichos recursos ya que son muchas las debilidades y amenazas a la que se enfrenta esta fuente de energía, lo cual deja claro la necesidad de impulsar procesos de aprendizaje tecnológico que favorezca la conformación/consolidación de una industria local ligada a la explotación de esta fuente de energía.

Hay que recordar que las actuales tecnologías eolieléctricas utilizadas en México, principalmente los aerogeneradores de gran potencia, son tecnologías provenientes del exterior (principalmente: España, Dinamarca y USA), sin embargo, existe diversas áreas de oportunidad para la industria nacional para proveer servicios y diversos componentes, tal es el caso del sector automotriz, el metal mecánico, el aeroespacial (recientemente establecida en México), entre otras, que podrían participar en la naciente industria eólica a partir de las capacidades desarrolladas y acumuladas en sus respectivas líneas de negocio. Lo anterior, considerando que la cadena de valor del sector eólico abre diferentes ventanas de oportunidad para el desarrollo de componentes, diseños y rediseño de equipos, sistemas computacionales para la administración, operación y mantenimiento de los parques eólicos, entre muchas otras más, en la Figura 42 se presente dichas áreas centrales de oportunidad.

Figura 42: Cadena de valor para la industria eólica



Fuente: Huacuz, (2013).

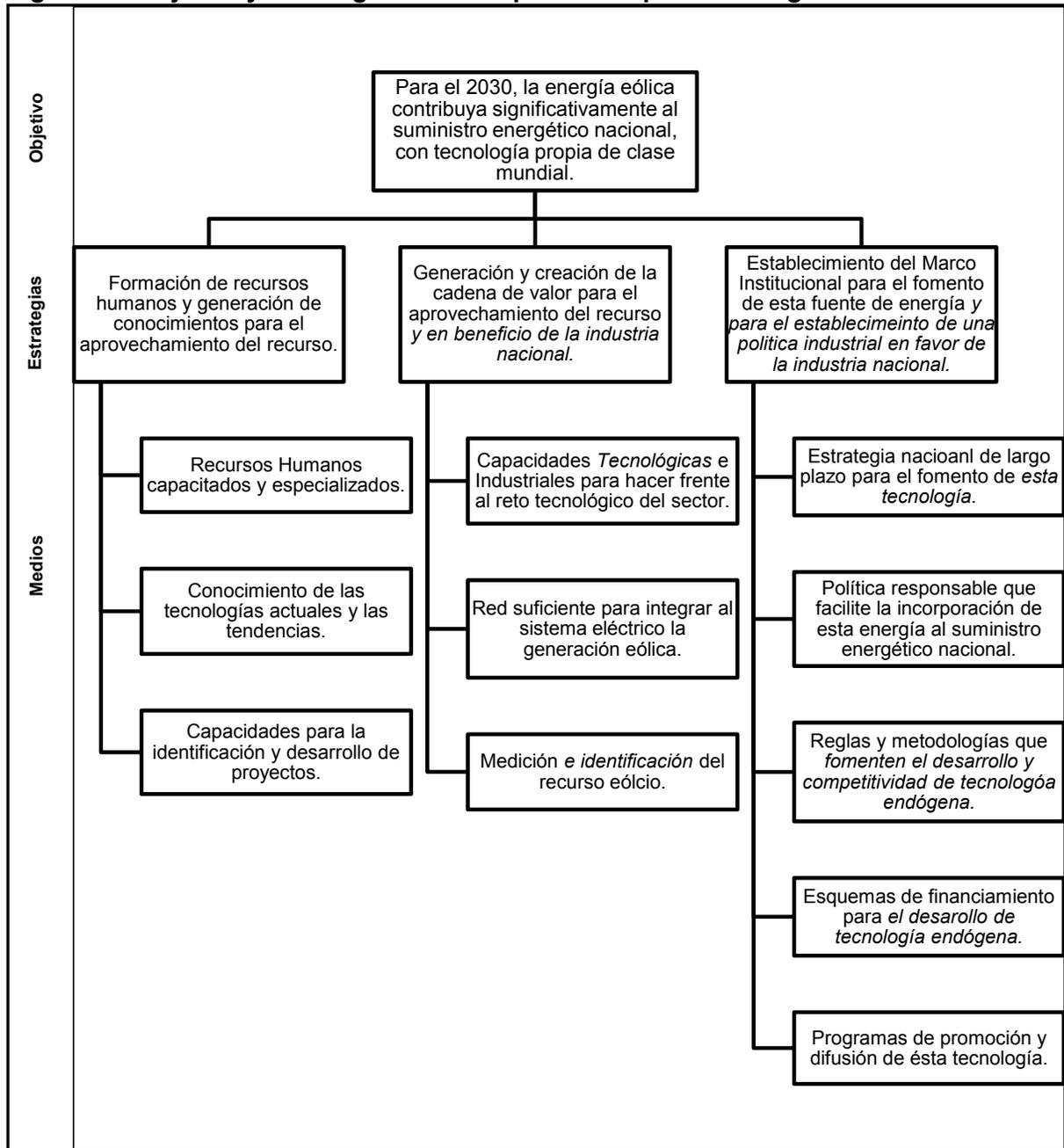
Lo que se puede observar en la Figura anterior, es que a lo largo de la cadena de valor para el aprovechamiento de la energía eólica, existen diversas áreas de oportunidad, una se centra el recurso eólico desde la detección, evaluación hasta los estudios más especializados para determinar la viabilidad de los proyectos; otra área tiene que ver con las tecnologías requeridas, la cual va desde el proceso de I+D hasta la manufactura y comercialización de la tecnología. Una tercera área tienen que ver con el propio desarrollo del proyecto, lo cual contempla desde los procesos de gestión de terrenos y permisos hasta la construcción, la operación y el mantenimiento del parque, así como la interconexión para sus aplicaciones finales de consumo de la energía eléctrica.

Para poder aprovechar dichas áreas de oportunidad es necesario cumplir con diferentes requerimientos, tanto humanos como financieros, marcos regulatorios, y por supuesto, una cadena de proveeduría local que permita satisfacer las necesidades básicas para la adecuada operación y desarrollo de los proyectos eólicos. Este último punto cobra gran

relevancia para México, considerando que bajo las proyecciones hechas por la AMDEE, para el 2020 se estaría alcanzando una capacidad instalada superior a los 12,000 MW con energía eólica, lo cual sin duda requerirá necesariamente el cubrir la demanda de productos (componentes y equipos) y servicios necesarios para la implementación de dicha capacidad instalada.

Bajo estas proyecciones en la explotación de los recursos eólicos existentes en México, diversos agentes tomadores de decisiones para el desarrollo del sector eólico nacional, donde se encuentran empresas socias de la AMDEE, el IIE y funcionarios de la SENER realizaron un taller de Ruta Tecnológica para México en el 2005, con el fin de establecer/definir objetivos y estrategias para incursionar en el sector eólico, los principales objetivos y estrategias planteadas por los especialistas se presenta en la Figura 43.

Figura 43: Objetivo y estrategias en el mapa de ruta para la energía eólica en México



Fuente: Elaboración propia a partir de: "Taller de Ruta Tecnológica de la Energía Eólica en México para los Próximos 25 años" (México, 2005).

Como una manera de ubicar de manera temporal (cada 5 años) los objetivos planteados en el taller, a continuación se presta el Cuadro 35 dichas metas propuestas al 2030.

Cuadro 35: Mapa de ruta para la Energía Eólica en México

Año		1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Generación Capacidad instalada MW		1,6	1,6	1,6	518,65	3200	12000	N/D	N/D
Objetivos y estrategias									
Formación de Recursos Humanos y Generación de Conocimientos para el aprovechamiento de la energía eólica	Recursos Humanos capacitados y especializados			Contar con recursos humanos para la operación y mantenimiento de centrales eoloelectricas (1 trabajador por cada 5 MW). Y Contar con 25 especialistas para la generación de conocimiento.	Contar con recursos humanos para la operación y mantenimiento de centrales eoloelectricas (1 trabajador por cada 7 MW) y Contar con 50 especialistas para la generación de conocimiento.	Contar con Recursos Humanos para la operación y mantenimiento de centrales eoloelectricas (1 trabajador por cada 10 MW) y Contar con 75 especialistas para la generación de conocimiento.			
	Conocimiento de las tecnologías actuales y las tendencias			El desarrollo tecnológico propicia la integración nacional del 50%	El desarrollo tecnológico nacional propicia la integración nacional del 75%.	El desarrollo tecnológico tiende a lograr la integración nacional del 100%.			
	Capacidades para la identificación y desarrollo de proyectos			Se identifican y desarrollan proyectos por 350 MW	Se identifican y desarrollan proyectos por 1500 MW	Se identifican y desarrollan proyectos por 6000 MW			
Generación y creación de la cadena de valor para el aprovechamiento de la energía eólica	Capacidad industrial para incorporarse al reto tecnológico que implica la generación eoloelectrica					Lograr 30% de integración nacional de aerogeneradores		Lograr 50% de integración nacional de aerogeneradores	Lograr 80% de integración nacional de aerogeneradores
	Red suficiente para integrar al sistema eléctrico unidades de generación eólica			Lograr que 0.5% de la generación eléctrica nacional sea mediante energía eólica	Lograr que 2% de la generación eléctrica nacional sea mediante energía eólica	Lograr que 6% de la generación eléctrica nacional sea mediante energía eólica e incrementar la capacidad de transmisión			
	Recurso eólico, medido			Elaborar un mapa eólico nacional preliminar	Evaluar el potencial eólico del 20% del país con mayor prospectiva	Evaluar el potencial eólico del 50% del país con mayor prospectiva		valuar el potencial eólico del 75% del país con mayor prospectiva	
Establecimiento del Marco Institucional para el fomento de la energía eólica	Estrategia nacional de largo plazo para el fomento de esta tecnología			Contar con documentos de estrategia	Contar con el prototipo de un aerogenerador (multi MW) y Contribución mínima en capacidad: 2010 - 600 MW		Contribución mínima en capacidad: 2020 - 5,000 MW		Contribución mínima en capacidad: 2030 - 10,000 MW
	Política responsable que facilite la incorporación de esta energía al suministro energético nacional			Aprobación de la Ley para el aprovechamiento de las energías renovables	Los actores clave se involucran en la estrategia nacional para el desarrollo tecnológico				
	Reglas y metodologías que fomenten el desarrollo y competitividad de tecnología endógena			Reconocimiento y socialización de los beneficios de la energía eólica					
	Esquemas de financiamiento para el desarrollo de tecnología endógena			Apoyo de las entidades financieras y de ciencia y tecnología como: CONACYT, Bancas de Desarrollo y Secretaría de Economía					
	Programas de promoción y difusión de ésta tecnología			Programa de difusión masiva de la tecnología					

Fuente: Elaboración propia a partir de: Taller de Ruta Tecnológica de la Energía Eólica en México para los Próximos 25 años (México, 2005) y AMDEE (2012).

A partir de lo anterior, se puede mencionar que con base a los objetivos planteados aún falta mucho por hacer para el fortalecimiento de la industria local y para que ésta pueda tomar un papel relevante y, por lo tanto, apropiarse de los beneficios económicos y sociales para las mismas regiones. En este sentido, es que se plantea la necesidad de establecer objetivos claros con el fin de fortalecer y desarrollar capacidades tecnológicas endógenas, ya que a medida que se desarrollen nuevas y mejores capacidades será posible generar y fortalecer un tejido industrial que incremente la participación de los sectores industriales existentes en México y atraer inversión extranjera directa a favor de la clase laboral mexicana y en beneficio del fortalecimiento de capacidades de innovación locales. En la Figura 44 se presenta los sectores industriales que pueden ser beneficiados a partir de las áreas productivas y de servicios que existen en el sector eólico.

Figura 44: Beneficios a sectores industriales por el aprovechamiento eólico

Área	Actividades empresariales	Industrias involucradas
Fabricación de equipos	<ul style="list-style-type: none"> - Convertidor de potencia - Generador - Álabes, torres, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Siderúrgica - Metalúrgica - Fibra de vidrio y carbono
Instalación y adecuación del terreno	<ul style="list-style-type: none"> - Instalación aerogeneradores - Construcción de infraestructuras - Líneas eléctricas de interconexión 	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción - Ingeniería
Generación y distribución de energía	<ul style="list-style-type: none"> - Logística, generación, transporte y distribución eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> - Grupos inversores privados - Operador de redes - Industria de transformadores
Operación y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Control, monitorización y supervisión - Inspección de plantas - Limpieza 	<ul style="list-style-type: none"> - Grandes <i>Utilities</i> del sector eléctrico - Productores independientes - Industria de <i>Software</i>
Financiación	<ul style="list-style-type: none"> - Inversión inicial - Procesos de fusiones - Valoración 	<ul style="list-style-type: none"> - Fondos de inversión - <i>Project Finance</i> - Bancos

Fuente: PricewaterhouseCoopers Asesores de Negocios, S.L. (2013).

Muchos de los sectores industriales involucrados en el aprovechamiento de recurso eólico se localizan en México y muchos de ellos se encuentran bien consolidados, en este sentido, lo importante es lograr beneficiarse de las áreas de oportunidad y a su vez direccionar y/o diversificar sus capacidades existentes en este nuevo sector. Hay que recordar que existen diversas experiencias internacionales, como el caso de China y España, que demuestran que es posible consolidar un sector eólico a partir de un tejido industrial e institucional fuerte.

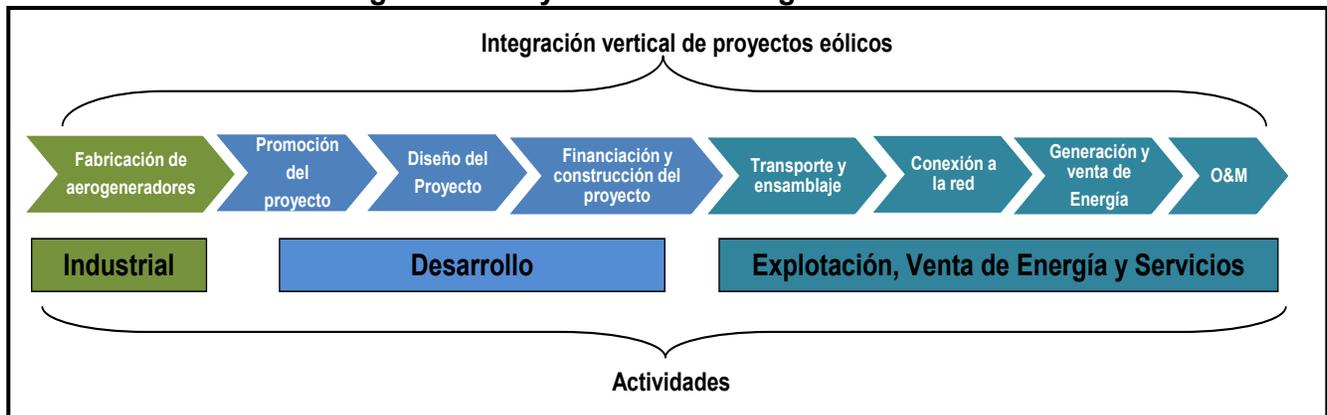
Para México, las áreas de oportunidad se centran en dirigir las capacidades acumuladas en otros sectores industriales consolidados en el territorio nacional para lograr beneficiarse de su posición geográfica y ser un actor central en el sector eólico y en general para el de las energías renovables, lo anterior, considerando la creciente demanda de tecnologías para el aprovechamiento de energías renovables en toda Latinoamérica. Pero sin duda, para poder maximizar el valor del sector eólico en México y las cadenas de abastecimiento asociadas es necesario y prioritario impulsar una política de Estado que de un mayor impulso a la industria nacional renovable, ejemplo de esto sería una Reforma Energética que privilegie a las energías renovables y no tanto a las energéticos convencionales como ocurre actualmente. Además de impulsar a la industria local, en donde la construcción de capacidades tecnológicas es un elemento central.

Hoy en México, se plantean diversas oportunidades relacionadas con el desarrollo tecnológico, como es el caso de la incorporación de nuevos diseños de turbinas eólicas para regímenes de viento como los existentes en la región del Istmo de Tehuantepec, el desarrollo de nuevos materiales de construcción, I+D en sensores, dispositivos de medida y control de consumos de energía para facilitar su utilización a los usuarios. De esta manera, y dada las actuales proyecciones hechas respecto al crecimiento de la capacidad instalada de esta energía, es prioritario que el sector industrial mexicano sea capaz de aprovechar las oportunidades y se vea favorecido de los beneficios asociados al aprovechamiento del potencial eólico de México, lo que además resultaría trascendental para el sector energético nacional y en las estrategias de mitigación del cambio climático.

Un escenario deseable es que México tuviera la capacidad de ir conformando capacidades tecnológicas que le permitiera integrar de manera vertical un proyecto eólico, con la base de la industria domestica (como lo sucedido en diferentes países como: España y China). En la figura 45 se presenta en qué consiste en términos generales la

integración vertical de un proyecto eólico a partir de tres áreas centrales, a decir: 1) el entramado industrial, 2) el desarrollo de los proyectos y 3) explotación, venta de energía y servicios.

Figura 45: Proyecto eólico: integración vertical

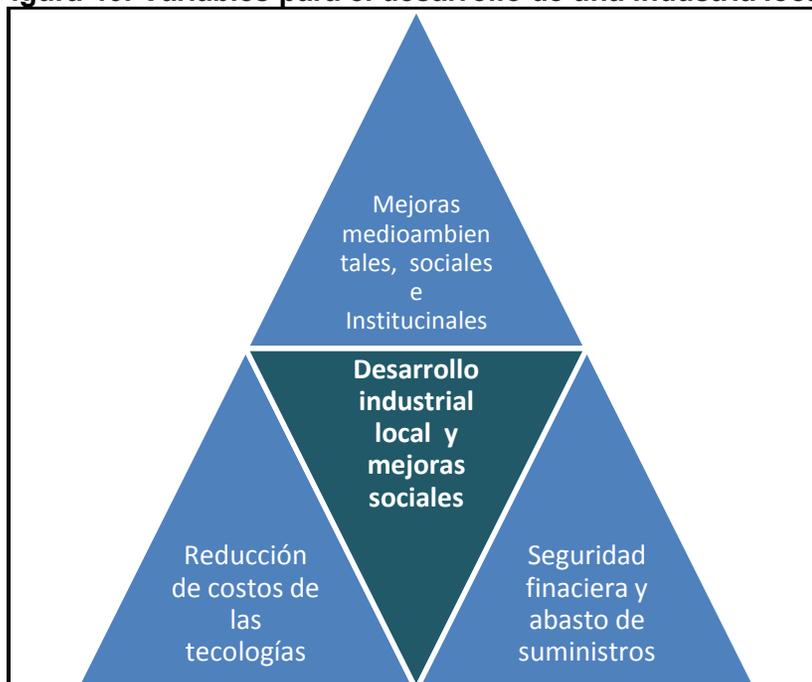


Fuente: Elaboración propia a partir de Acciona (2012).

Hay que destacar que los principales aspectos que en la actualidad permitirían aprovechar esas oportunidades son: 1) la disminución el precio de las turbinas (y de la tecnología y componentes en general), 2) mayor certidumbre del valor de mercado de la energía en México y 3) el marco normativo tanto de México como el ámbito internacional que fomente el aprovechamiento de este tipo de energía (tanto para el sector privado como el sector público) y 4) mayor apertura a los esquemas de financiamiento. Si cualesquiera de estas variables tienen un cambio fundamental, entonces la consolidación de la industria local puede mejorar o reducirse substancialmente, según sea el caso.

Es así que el desarrollo de una industria local, requiere de la conjunción de dichas variables, pero que también los beneficios se vean reflejados en impactos sociales positivos, es decir que el desarrollo de una industria doméstica que no sólo tenga impactos positivos a nivel económico, sino además ambientales y sociales. En la Figura 46, se presentan cuáles son esas variables que tienen que interconectarse para un óptimo desarrollo de una industria eólica local.

Figura 46: Variables para el desarrollo de una industria local



Fuente: Elaboración propia con diferentes fuentes de información.

Es así que la conformación de una industria eólica local demanda del cumplimiento de diversos requerimientos durante las diferentes etapas que se contemplan para la puesta en operación de un proyecto de este tipo, considerando que el contenido local tiene que ser implementado en las diferentes etapas, tal como se muestra en el Cuadro 36.

Cuadro 36: Como implementar el contenido local en los proyectos eólicos

Factibilidad	Desarrollo	Pre-construcción	Construcción	Operación
<ul style="list-style-type: none"> * Suministradores locales de servicios. * Suministro de materiales de medición. * Servicios medioambientales. * Servicios de ingeniería de punta. 		<ul style="list-style-type: none"> * Impulso de industrias locales en la fabricación de materiales eólicos. * Servicios logísticos, aduaneros y portuarios. * Industria cementera y eléctrica. * Servicios de gestión de procesos administrativos. * Servicios de maquinaria pesada e instalación. 		<ul style="list-style-type: none"> * Servicios de O&M. * Formación de personal local calificado. * Industria de repuestos locales (consumibles). * Servicios logísticos.

Fuente: Elaboración propia con diversas fuentes de información de la literatura.

Actualmente en México, ha comenzado a conformarse una cadena de proveeduría para el sector eólico, que se encuentra centrada principalmente en la maquila de algunos componentes (con empresas localizadas en territorio nacional), principalmente en las áreas de torres, álabes, y otros componentes como: engranes, tornillos, etc. Ver las empresas que participan en dicha cadena de proveeduría en la Figura 47.

Figura 47: Cadena de proveeduría de energía eólica en México



Fuente: PROMÉXICO (2013).

Destacando que de las empresas plasmadas en la Figura anterior, hay empresas mexicanas de gran tradición que contaban con una línea de negocio diferentes pero que han podido incursionar en el sector eólico, tal es el caso de la empresa TUBAC, empresa dedicada a la fabricación de tubos de acero quienes en años recientes han logrado incursionar en la manufactura de torres de acero para las turbinas eólicas, es así que esta

⁷¹ Hay mencionar Vientek, empresa conjunta de Mitsubishi Power Systems y TPI *Composites*, inicio la producción álabes en Ciudad Juárez, México, teniendo desde entonces como principal mercado de exportación Estados Unidos de Norteamérica, sin embargo en 2012 dicha empresa abandono el país. Pero a inicios de 2014 dicha fábrica de Ciudad Juárez reinicio operaciones en la misma línea de negocio, pero en esta ocasión únicamente con la empresa estadounidense TPI *Composites*. Fuente: http://diario.mx/Economia/2014-01-29_e1c0ab80/reabren-aqui-maquila-de-aspas-de-viento/ (Consultado en noviembre de 2014).

empresa logro aprovechar la ventana de oportunidad para participar en un nuevo mercado sin dejar de lado su principal línea de negocio, y mejor aún diversificarla. Otra de las empresas mexicanas con gran historia en el sector energético y en particular en el desarrollo de aerogeneradores de pequeña potencia es la empresa Potencia Industrial, la cual desde hace ya algunos años han buscado diversificar sus capacidades para el desarrollo de turbinas de mediana y gran escala con el objetivo de incursionar en el sector eólico de gran potencia.

Otra empresa que destaca es Dynko⁷² (Dynamik Kontroll, S.A. de C.V) que es una empresa con operaciones y fabricación de aerogeneradores con sede en Guadalajara, Jalisco, fundada en 2006. Dynko suministra aerogeneradores y servicios de O&M al mercado Latinoamericano, la empresa cuenta con la turbina Dynko Isthmus con capacidad de 1.5 MW, la cual según información institucional de la empresa, está construida específicamente para las condiciones ambientales de la región intertropical Americana, tales como: altas temperaturas, humedad, grandes velocidades de viento y fuertes ráfagas multidireccionales.

Ahora, a continuación se presenta el análisis de capacidades tecnológicas realizado para el primer grupo de organizaciones (centros de I+D y entidades de educación superior) a partir de la estrategia metodológica expuesta anteriormente en el apartado 4.1.

4.3 Análisis de capacidades tecnológicas en: Centros de I+D y Entidades de Educación Superior

El objetivo del presente apartado es caracterizar y analizar las actividades que realizan las organizaciones estudiadas (en este Capítulo se presentan únicamente el análisis realizado a los centros de I+D y las instituciones de educación superior y en el Capítulo 5 se presenta el análisis realizado para las empresas) que participan el sector eólico mexicano y que han permitido construir determinadas capacidades tecnológicas de innovación, tomando de referencia la metodología ya previamente descrita para la caracterización de las capacidades desarrollada por Bell y Pavitt (1995). Hay que subrayar que para el presente análisis son tomadas únicamente las capacidades tecnológicas innovativas (en sus niveles: básicas, intermedias y avanzadas), es decir

⁷² Información obtenida en <http://www.dynko.com/esp/index.html> (fecha de consulta: marzo de 2015).

aquellas capacidades que según los autores permiten generar y administrar el cambio técnico. La decisión de tomar exclusivamente las capacidades tecnológicas innovativas radica en que el objetivo de la presente investigación es conocer cuáles son aquellas capacidades tecnológicas de innovación que han logrado desarrollar las organizaciones aquí estudiadas, considerando que estas capacidades son las que permiten gestionar la tecnología con el fin de generar procesos de innovación.

Se describe que el nivel básico de las capacidades innovadoras permite sólo una contribución al cambio relativamente pequeño e incremental; pero los niveles intermedios y avanzados, las capacidades tecnológicas pueden tener una contribución más sustancial, y novedosa (innovativa).

Hay que puntualizar que el análisis aquí presentado corresponde a un estudio de carácter transversal, ya que recordemos que muchos de los estudios realizados en el tema de capacidades tecnológicas en México corresponden a estudios longitudinales, en los cuales el objetivo es realizar un análisis de acumulación de capacidades tecnológicas, lo que en el sector y organizaciones estudiadas no es posible considerando que el sector eólico en México es relativamente joven y por lo tanto, las actividades de la organizaciones estudiadas en dicho sector.

Son 3 organizaciones (casos de estudio) que corresponde al primer grupo, es decir Centro de I+D e instituciones de educación superior. Una breve descripción de dichas organizaciones se presenta en el Cuadro 37.

Cuadro 37: Estudios de Caso: centros de I+D y de educación superior

<i>Numero</i>	<i>Nombre</i>	<i>Breve descripción de la organización</i>
1	Instituto Tecnológico del Istmo (ITI)	Centro público de educación superior perteneciente la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST), de la Secretaría de Educación Pública Federal (SEP). El principal centro de educación de Juchitán de Zaragoza, Oaxaca (principal zona de influencia de los proyectos eólicos en México).
2	Instituto de Energía de la UNISTMO-Tehuantepec	El Instituto de Energía fundado en 2007, pertenece a la Universidad del Istmo campus Tehuantepec (UNISTMO-Tehuantepec). Este instituto tiene como objetivo la I+D en temas de energía.
3	Instituto de Investigación Eléctricas (IIE)	Centro público de investigación perteneciente a la Secretaría de Energía (SENER), que tiene como principal propósito la promoción de la innovación mediante la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico en beneficio del sector eléctrico y energético de la nación.
	<i>“Centro Regional de Tecnología Eólica (CERTE)”</i>	Centro localizado en Juchitán de Zaragoza, Oaxaca perteneciente al IIE que funciona como pequeño productor de electricidad, centro de pruebas de pequeños sistemas híbridos, centro de pruebas para aerogeneradores de gran potencia, medición de vientos y estación climatológica.

Hay que destacar que las organizaciones analizadas tienen objetivos y funciones diferentes, según su propio origen y propósitos, por lo cual, no se busca hacer generalizaciones, más bien se busca dar evidencia de las competencias y desventajas que existen en México en torno al nivel de capacidades tecnológicas que se encuentran construidas en las organizaciones que participan de alguna manera en el naciente sector eólico en México. A continuación se presenta el análisis para este primer grupo de organizaciones, en donde primero se realiza un análisis individual para después lograr un análisis agregado del grupo.

4.3.1 Instituto Tecnológico del Istmo (ITI)

El Instituto Tecnológico del Istmo⁷³ (ITI), se encuentra localizado en la Ciudad de Juchitán de Zaragoza, Oaxaca, su fundación se remonta al año 1935, cuando se crea la Escuela Industrial Federal No. 16, precursora del actual Instituto. El 1 de octubre de 1969 se

⁷³ La información aquí presentada, es resultado de las entrevistas realizadas al M.C. José Manuel Dehesa Martínez (Sub-Director Académico & Profesor Investigador del ITI) y Ing. José Manuel Cuevas Jiménez (Subdirección de Planeación y Vinculación & Profesor Investigador) el día 22 de octubre de 2013.

funda el Instituto Tecnológico Regional del Istmo No. 19 y finalmente en 1983 cambia su denominación por el de Instituto Tecnológico del Istmo (ITI), su actual nombre. Pertenece a la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST), de la Secretaría de Educación Pública (SEP).

Actividades realizadas para el sector eólico en México:

El ITI aporta a la formación de capital humano de calidad a nivel licenciatura, posgrado e investigación. Desde el año 2007 se imparten tópicos en el área de energía eólica en las carreras de Ingeniería en: Eléctrica, Mecánica y Electromecánica. Las nuevas materias impartidas en dichas carreras son en el área de micro-controladores y controladores lógicos programables (que corresponde al área de automatización de la tecnología eólica, básicamente en los aerogeneradores de gran potencia).

Dentro de la información referida más importante mediante las entrevistas realizadas podemos encontrar la siguiente:

- Los primeros trabajos realizados para el sector eólico fueron en estudios de factibilidad para CFE (principalmente en la medición y valoración del viento).
- En los laboratorios de las ingenierías de Eléctrica, Mecánica y Electromecánica, se han realizado simulaciones de funcionamiento de turbinas y álabes mediante programas computacionales (simuladores de viento).
- En torno a los aspectos de colaboración con empresas privadas se incentiva la realización de residencias profesionales de los alumnos en los parques eólicos de la zona. Lo anterior mediante acuerdos realizados con empresas como: Gamesa, Vestas, CFE, entre otras.
- Dentro de los planes institucionales, actualmente se encuentran en proceso, la puesta en marcha de un Posgrado en Fuentes Renovables de Energías (con un principal enfoque en el tema eólico), como una forma de aprovechar la ventana de oportunidad del auge eólico en la región (posgrado en proceso de aprobación desde finales de 2013).
- Egresados de las carreras de ingeniería se han podido incorporar laboralmente en los parques eólicos de la región (principalmente realizando actividades de operación y mantenimiento). Además se ha impulsado el desarrollo de proyectos para la titulación (tesis) en tópicos de la energía eólica con el fin de darle un mayor impulso a éste tema.

Respecto al personal docente

El personal docente que participa en áreas afines al sector eólico cuenta con por lo menos estudios a nivel licenciatura. De los cuales 3 de ellos cuentan con estudios de Doctorado, 15 con estudios a nivel Maestría y alrededor de 15 más con licenciatura.

Actividades centradas en la construcción de capacidades tecnológicas

A continuación, se presentan y localizan las principales actividades realizadas por el ITI a partir de la matriz adaptada de Bell y Pavitt (1995) para el análisis de capacidades tecnológicas de la organización.

Cuadro 38: Actividades del ITI en la matriz de capacidades tecnológicas

Nivel	Actividades Primarias				Actividades de Soporte y vinculación	
	Inversión		Producción		(5) Desarrollo de vínculos	(6) Modificación de equipo
	(1) Toma de decisiones y control	(2) Preparación y ejecución del proyecto	(3) Procesos y organización de la producción	(4) Centrada en el producto		
Capacidades tecnológicas (capacidades para generar y administrar el cambio técnico)						
Básicas (A)	A1.1. A1.1.a. A1.1.b. A1.1.c. Programación de actividades de manera institucional y con socios de proyectos A1.2.	A2.1. A2.2. Obtención y monitoreo de equipo estándar para pruebas en laboratorio A2.3. Auxiliares en ingeniería básica de equipos de pequeña potencia A2.4.	A3.1. A3.2. Mejora de diseño de equipos de pequeña potencia A3.3. Adaptaciones menores a los equipos de prueba A3.4.	A4.1. Reparación y adaptaciones técnicas a las condiciones físicas locales de los equipos de prueba en laboratorios A4.2.	A5.1. A5.2. Formación y capacitación de RH que participan en la operación de los parque eólicos de la región A5.3.	A.6.1 A6.2.
Intermedias (B)	B1.1. Se realiza una búsqueda de tecnología de pequeña potencia existente en el mercado B1.2. B1.3. B1.4.	B2.1. B2.2. B2.3. B2.4. B.2.5. Capacitación del personal operativo en colaboración con las empresas operadoras de los parques de la zona B2.6.	B3.1. B3.2. B3.3. B3.4.	B4.1. Ingeniería de reversa en equipos de pequeña potencia B4.2. Diseño y modelación de álabes (mediante <i>software</i>) B4.3.	B5.1. Vinculación tecnológica para el desarrollo equipos de pequeña potencia con la empresa Acciona B5.2. B5.3. Establecimiento de grupos de colaboración con empresas operadoras de la zona B5.4.	B6.1. Ingeniería de reversa y diseño en equipo de pequeña potencia B6.2.

Avanzadas (C)	C1.1. C1.2.	C2.1. Procesos básicos de diseño e I+D para equipos de pequeña potencia C2.2.	C3.1. C3.2. C3.3. Formación de RH C3.4.	C4.1. Actividades de I+D relacionada C4.2.	C5.1. Colaboración en desarrollo tecnológico con empresas internacionales C5.2. Procesos de vinculación (uni-emp-gob) para incursionar en el sector eólico (y/o desarrollar capacidades) C5.3.	C6.1. C6.2.
---------------	----------------	--	--	---	--	----------------

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas e información recabada del ITI (2013).

Por la naturaleza del ITI, sus actividades en la construcción de capacidades tecnológicas radican principalmente en la formación de recursos humanos, pero también en actividades de I+D en tecnologías eólicas principalmente en tecnologías de pequeña potencia. Hay que destacar que esta organización ha logrado re-direccionar parte de sus actividades académicas y de investigación hacia temas eólicos con el fin de contar con egresados que puedan incursionar en el mercado laboral que se está generando en zona gracias al desarrollo de parques eólicos de gran potencia (principalmente en actividades de operación y mantenimiento). A continuación se describen las principales actividades en la construcción de capacidades tecnológicas de innovación en las distintas funciones técnicas y que se encuentran íntimamente relacionadas con sus funciones de la organización.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de inversión

Como se puede observar, el ITI se encuentra ubicado principalmente en actividades para los niveles básicos e intermedios, tanto en la toma de decisión y control como en la preparación y ejecución del proyectos, esto mediante actividades relacionadas con sus objetivos rectores que es la formación de recursos humanos y actividades de I+D con fines principalmente educativos. Las actividades principales en la función de inversión se encuentra relacionada principalmente con proyectos de desarrollo tecnológico en equipos de pequeña potencia a nivel laboratorio para la difusión y generación de conocimiento en torno a tecnologías eólicas dentro de las currículas de las cerreras afines (ingenierías: eléctrica, mecánica y electromecánica). En la función de preparación y ejecución del proyecto, destaca una actividad avanzada derivada de la reconfiguración curricular

académica para adquisición de capacidades en el tema eólico, esto en los procesos básicos de diseño y de I+D en equipos de pequeña potencia, ello con el fin de familiarizar a los estudiante con la tecnología (sus principios y su funcionamiento).

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de producción

Las actividades en las funciones técnicas de producción se ubican actividades en los tres niveles. Para el caso de Procesos y organización de la producción destaca en el nivel básico las actividades de mejoras y adaptaciones a equipos de pequeña potencia, y en el nivel avanzado la formación de recursos humano bajo la integración de nuevos tópicos en las carreras ingenieriles relacionadas con el sector eólico de gran potencia. En las actividades centradas en el producto a nivel básico han adquirido sistemas computacionales (*software*) para la modelación, reparación y adaptaciones de equipos de pequeña potencia, tomando como base a las condiciones físicas locales, y en los niveles intermedios y avanzados hay actividades de ingeniería de reversa y modelación de componentes (principalmente álabes) con sistemas de cómputo y actividades de I+D en el área eólica (principalmente con equipos de pequeña potencia y el diseño y modelación de componentes y equipos a partir de *software*).

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de soporte (vinculación)

Para la funciones técnicas de soporte y vinculación, las principales actividades a destacar son las referentes a los procesos y acuerdos de colaboración, ya que el desarrollo de vínculos se encuentra presente en los tres niveles, en el nivel básico se tienen que en los programas de estudio de diferentes ingenierías se han dirigido a que sus egresados adquieran conocimientos y habilidades para incursionar en el mercado laboral mediante la operación y mantenimiento de los parques eólicos localizados en la región (mediante prácticas profesionales). En los niveles intermedios y avanzados, destacan los diferentes acuerdos que han logrado integrar con empresas del sector eólico (como es el caso de Acciona) que trabajan en la región, así como la conformación de grupos de trabajo con otros socios, tanto institucionales como a nivel Gobierno y privado con el objetivo de obtener mayores beneficios de la naciente industria eólica de la zona y del país. Dentro de los objetivos de dichos acuerdos de colaboración, además de la formación de recursos humanos, también se busca incursionar en mayor medida al desarrollo tecnológico de componentes (principalmente de pequeña potencia) y de servicios (con el fin de poder incursionar en las aéreas gran potencia). En lo referente a la función de modificación de

equipos, esta actividad se ha centrado hasta el momento en los equipos y componentes de pequeña potencia. En este sentido, es importante hacer hincapié en las grandes e importantes diferencias que existen entre las tecnologías de pequeña y gran potencia.

Consideraciones de áreas de oportunidad para la organización en el sector eólico:

Mediante la entrevista realizada se refirieron las siguientes consideraciones en torno a las áreas de oportunidad que el sector eólico ofrece para la organización:

- Capacitación y formación de capital humano especializado que puede contratarse en la zona prestando servicios a los proyectos eólicos de la región.
- Gestión tecnológica en el sector eólico e I+D relacionada.
- Un mayor desarrollo a aquellas actividades relacionadas a las de áreas afines del sector eólico para la formación de un mayor número de profesionistas que puedan dar respuesta a los requerimientos técnicos del sector eólico.

Proyecciones a futuro como Organización en el tema eólico:

En el corto plazo (2014-15) se busca poner en marcha el Posgrado en Fuentes de Energías Renovables y dar un mayor énfasis en el sector eólico en las ingenierías a fines a esta fuente de energía (eléctrica, mecánica y electromecánica).

Limitaciones para alcanzar objetivos:

- Poco apoyo local y federal para poder impulsar sus programas de posgrado, además de que existe mucha burocracia para poner en marcha este tipo de proyectos (programas de posgrado).
- Falta de recursos técnicos y económicos para poder impulsar sus planes de desarrollo tecnológico e investigación en el sector (como la puesta en marcha de laboratorios y centros de I+D).

4.3.2 Instituto de Energía de la Universidad del Istmo, campus Tehuantepec (UNISTMO-Tehuantepec)

La Universidad del Istmo⁷⁴ campus Tehuantepec (UNISTMO), se encuentra localizado en el municipio de Tehuantepec, Oaxaca. La UNISTMO se funda en el año 2002, cinco años después se crea el Instituto de Energía (2007), con el propósito que sus integrantes trabajaran en proyectos de investigación y que aporten al desarrollo en materia energética y así como poder proporcionar a la región del Istmo de Tehuantepec, al Estado y por ende al País, los recursos materiales y humanos necesarios para el desarrollo de este sector. La UNISTMO, forma parte del Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca (SUNEO).

Actividades realizadas para el sector eólico en México:

La UNISTMO es una institución de educación superior que ofrece formación de recursos humanos y desde el 2008 cuenta con la Maestría en Energía Eólica, donde la plantilla de profesores forma parte del Instituto de Energía, por tal motivo, las actividades se dividen en dos rubros centrales: i) la académica y ii) la investigación. Dentro de la información referida más importante podemos encontrar que:

- En 2008 inicia actividades la Maestría en Ciencias de la Energía Eólica, de la cual al finalizar 2013 se encontraba inscrita la 6ª generación (alrededor de 4 personas forman parte de cada generación).
- Las actividades relacionadas al tema eólico se centran en los objetivos originales de la institución (educación e investigación). Por la parte académica, sus actividades se centran en tópicos referentes al análisis y planeación de parques eólicos, desarrollo de componentes para aerogeneradores de pequeña potencia y temas introductorios sobre los aerogeneradores de alta potencia (a nivel teórico principalmente). Respecto a la investigación, además de la formación de recursos humanos se desarrollan proceso de vinculación para la creación del Centro de Capacitación en Energía Eólica con el apoyo de la empresa Gamesa (quien aporta el equipo y el financiamiento) con el fin de capacitar personal a nivel técnico, personal al que le es entregada una certificación en el conocimiento y utilización del equipo (el objetivo es que la empresa pueda contratar al personal más destacado).

⁷⁴ La información aquí presentada, es resultado de la entrevista realizada al Dr. Miguel Ángel Hernández López (Director del Instituto de Energía y Profesor Investigador de la UNISTMO) el día 23 de octubre de 2013.

- Como servicios, a la empresa Acciona se le han impartido algunos cursos y diplomados de capacitación para su personal, así mismo a la empresa Gamesa se le han impartido algunos módulos de capacitación para el personal principalmente los cursos de introducción respecto al funcionamiento de las turbinas, con especial énfasis en el mantenimiento de equipos.
- El Instituto de Energía recibe alumnos de diversas instituciones de la región para estancias, servicio social y prácticas profesionales (como es el caso del Instituto Tecnológico de Salina Cruz y el Instituto Tecnológico del Istmo).
- El otro tema central respecto a la investigación dentro del Instituto son los grupos de trabajo para la investigación aplicada en el tema eólico, existen dos grupos de trabajo uno encabezado por el Dr. Orlando Lastres quien se centra principalmente en el diseño de 2 aerogeneradores de pequeña potencia (de 1.5 KW y de 10 KW) en convenio con la empresa Acciona. Otro grupo se encuentra trabajando en la evaluación del recurso eólico de la región, el cual se encuentra dirigido por el Mtro. Ariel Núñez Rodríguez.
- También se han realizado actividades en el área de modelado, diseño y fabricación de álabes para aerogeneradores de pequeña potencia. Además el Instituto cuenta con un área de óptica perteneciente al área de matemáticas aplicadas, que en colaboración de la carrera en Ingeniería Industrial se están realizando análisis y estudios de calidad en álabes de gran potencia (mediante modelados computacionales), con lo anterior, se ha logrado desarrollar un escáner para el barrido de las álabes con el fin de analizar su geometría de manera más eficiente y con esto desarrollar mejores diseños.
- La ingeniería de reversa ha sido fundamental para poder desarrollar los prototipos de pequeña potencia propios (por ejemplo, una turbina comercial de la empresa LG).
- Se destaca que la actual plantilla docente no son formados en el área eólico sin embargo, han logrado dirigir sus habilidades a dicho sector y capacitarse continuamente en esta tecnología, esto último con el apoyo de un proyecto PROMED, para el desarrollo de un aerogenerador mediante ingeniería de reversa y análisis de electrónica de potencia para aerogeneradores de pequeña potencia.
- Con el objetivo de que los alumnos conozcan la tecnología, se ha desarrollado un aerogenerador didáctico (mediante *software*) para las prácticas de los alumnos y se busca desarrollar un simulador de Parque Eólico mediante un sistema de

realidad virtual, con el objetivo de formar recursos humanos más capacitados y mejor preparados, para lo cual, se contará con el apoyo del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE).

- Como proyecciones de corto plazo se tiene un proyecto de colaboración para el desarrollo de un aerogenerador comercial de 30kw en el cual participaría el IIE con la parte eléctrica, el CIATEQ con la parte mecánica y éste Instituto con la parte de control.
- Con las investigaciones realizadas, el Instituto tiene el interés de desarrollar por lo menos dos patentes a partir de las actuales investigaciones realizadas y algunas otras protecciones industriales.
- Por otra parte se pretende reestructurar la Maestría en Energía Eólica ya que actualmente se encuentra muy dirigida a la evaluación de los recursos eólicos y diseño de parques eólicos pero la necesidad del sector están más centradas en los aerogeneradores (tecnología) es decir conocer más la tecnología de gran potencia. Se busca que el posgrado sea más modular y de esta manera que el alumno puedan optar por un área u otra área.
- Con la formación del CEMIE-Eólico (liderado por el IIE), la UNISTMO en colaboración con el IIE y otras organizaciones fortalecerán las capacidades tecnológicas en el sector (centro aprobado en noviembre de 2013 y se suscribió el convenio en febrero de 2014).
- Las aéreas más fuertes dentro del Instituto es la de energía eólica y biocombustibles, siendo esta última la más grande principalmente por el número y perfil de los investigadores, sin embargo, la que ha dado mayores resultados es el área eólica (principalmente en el área de prototipos de pequeña potencia).
- Las condiciones climáticas de la región y la falta de una mayor infraestructura ha provocado que haya mucha movilidad del personal lo que ha evitado una mayor consolidación de los grupos de trabajo.
- Respecto a temas sociales la UNISTMO ha realizado algunos estudios para analizar los impactos positivos y negativos de la energía eólica sobre la región.
- Las empresas con mayor apertura (en la región y la UNISTMO) para actividades de colaboración han sido Acciona y Vestas, ya que han permitido conocer el funcionamiento de su tecnología (aerogeneradores de gran potencia) en los parques eólicos, mediante prácticas profesionales o visitas a los parques eólico. Destacando que algunos de los egresados ya se han logrado colocar laboralmente

en los parques eólicos de la región.

Respecto al personal docente

De los investigadores que trabajan en torno al tema eólico dentro de la institución son 11 investigadores, 5 de estos investigadores se encuentran trabajando al 100% en el tema eólico. Del personal dedicado al 100% al tema, 2 cuentan con estudios a nivel doctoral y 3 con maestría. Del resto de los investigadores 3 cuentan con doctorado, 2 con grado de maestría y 1 con licenciatura.

Actividades centradas en la construcción de capacidades tecnológicas

Como en el caso anterior, a continuación se ubican las principales actividades realizadas por el Instituto de Energía de la UNISTMO a partir de la matriz adaptada para el análisis de capacidades tecnológicas del sector eólico en México.

Cuadro 39: Actividades del Instituto de Energía de la UNISTMO en la matriz de capacidades tecnológicas

Nivel	Actividades Primarias				Actividades de Soporte y vinculación	
	Inversión		Producción		(5) Desarrollo de vínculos	(6) Modificación de equipo
	(1) Toma de decisiones y control	(2) Preparación y ejecución del proyecto	(3) Procesos y organización de la producción	(4) Centrada en el producto		
Capacidades tecnológicas (capacidades para generar y administrar el cambio técnico)						
Básicas (A)	A1.1. Monitoreo activo y control de: A1.1.a. Búsqueda y selección de tecnologías de pequeña potencia para fines de investigación y educación A1.1.c. Programación de actividades para la búsqueda de apoyos y financiamiento de proyectos A1.2.	A2.1. A2.2. Obtención de equipo de pequeña potencia para ingeniería de reversa A2.3. A2.4.	A3.1. Pruebas en laboratorio de los desarrollos tecnológicos A3.2. Mejora de equipos para su utilización en la zona del Istmo A3.3. Adaptaciones menores a prototipos A3.4.	A4.1. Reparación y adaptaciones técnicas a las condiciones físicas locales de los prototipos A4.2.	A5.1. Socialización de conocimientos tecnológicos con empresas operadoras de parques de la región A5.2. Formación y capacitación RH para personal operario de los parques de la región A5.3.	A6.1 A6.2.

Intermedias (B)	<p>B1.1. B1.2. B1.3. Administración para la gestión de recursos para proyectos de desarrollo tecnológico B1.4.</p>	<p>B2.1. B2.2. Adquisición del equipo comercial de pequeña potencia para ingeniería de reversa B2.3. Estudios de valoración para potenciales de viento B2.4. Administración de proyectos académicos y de investigación B2.5. Cursos y diplomados para operarios de parques B2.6.</p>	<p>B3.1. B3.2. Adquisición de tecnología de pequeña potencia para investigación B3.3. B3.4.</p>	<p>B4.1. Ingeniería de reversa en aerogeneradores de pequeña potencia B4.2. Diseño de nuevos componentes y equipos a nivel prototipo (de pequeña potencia) B4.3. Modelación para prototipos de álabes y aerogeneradores (de pequeña potencia)</p>	<p>B5.1. Proyectos de colaboración con empresas de la tecnología implementada en la región (Vestas, Acciona, etc.) B5.2. B5.3. Grupos de trabajo con empresas privadas para desarrollos tecnológicos y formación de RH B5.4.</p>	<p>B6.1. Innovaciones incrementales a partir de ingeniería de reversa y diseño de equipos de pequeña potencia para ser implementados en la región B6.2.</p>
Avanzadas (C)	<p>C1.1. C1.2.</p>	<p>C2.1. Procesos básicos de diseño e I+D relacionada para equipos de pequeña potencia y gran potencia C2.2.</p>	<p>C3.1. C3.2. C3.3. Formación de RH para la industria eólica local C3.4.</p>	<p>C4.1. Actividades de I+D relacionada para prestación de servicios para los parques de la región C4.2.</p>	<p>C5.1. Colaboración en desarrollo tecnológico para prototipos de pequeña potencia C5.2. Procesos de vinculación (uni-emp-gob) para la colaboración tecnológica C5.3.</p>	<p>C6.1. I+D para diseño de nuevos productos y componentes (equipos y servicios, en prototipos de pequeña potencia y conocimiento de los equipos de gran potencia) C6.2.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas e información recabada de la UNISTMO (2013).

Como se puede observar el Instituto de Energía y, por lo tanto, la UNISTMO, pese a su corta vida, han podido realizar importantes actividades en la conformación de capacidades tecnológicas para el sector eólico, ya que dados sus objetivos de la organización las actividades, no sólo se han centrado en actividades de docencia, sino que han realizado importantes actividades de I+D, particularmente en tecnologías eólicas de pequeña potencia. Lo anterior, sin perder de vista las áreas de oportunidad que ofrecen los actuales desarrollos eólicos de gran potencia en la región. Hay que destacar el papel relevante que han tenido los acuerdos de colaboración que han logrado establecer con empresas dueñas de las tecnologías instaladas en los parques eólicos de la región para la conformación y consolidación de sus capacidades tecnológicas. A continuación se describen las actividades que han permitido la construcción de capacidades tecnológicas en las diferentes funciones técnicas.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de inversión

Las funciones técnicas de inversión, tanto en la toma de decisión y control así como en las actividades de preparación y ejecución del proyecto, se encuentran ubicadas principalmente en los niveles básicos e intermedios. Para la toma de decisión y control, en el nivel básico destacan las actividades de búsqueda y selección de tecnologías de pequeña potencia para fines de investigación y educativas, así como para la búsqueda y programación de actividades de proyectos y su financiamiento, en tanto que en el nivel intermedio han logrado consolidar los procesos para la administración y la gestión de recursos (financieros y humanos) para desarrollar proyectos tecnológicos.

En la preparación y ejecución del proyecto, el nivel básico se centran principalmente actividades de obtención de equipos, en el nivel intermedio destacan actividades como la adquisición de equipos de pequeña potencia para procesos de ingeniería de reversa, la implementación de cursos y diplomadas en la operación de parques (tanto para sus estudiantes como para personal operario de la empresas que ahí se ubican), y estudios de valoración de vientos. A nivel avanzado cuentan con procesos básicos para el diseño y la I+D relacionada en equipos de pequeña y gran potencia (este último principalmente a través de sistemas de modelación).

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de producción

En la funciones técnicas de producción se encuentran actividades en los tres niveles, en el proceso de la organización de la producción, a nivel básico destaca las diferentes adaptaciones y mejoras continuas a los equipos de pequeña potencia con los que cuentan con el fin de hacerlos más adecuados a las condiciones físicas locales, en el nivel intermedio las actividades se centran en la investigación y mejora continua en componentes de pequeña potencia en laboratorio, y finalmente en el nivel básico, por el propio origen de la organización sus actividades se centran en la formación de recursos humanos que pudieran incorporarse a la industria eólica.

En lo que se refiere a la función centrada en el producto, en el nivel básico las actividades se centran en adaptaciones y reparaciones de los prototipos de pequeña potencia; en el nivel intermedio en donde se encuentra las mayores fortalezas, destacando los procesos de ingeniería de reversa a equipos de pequeña potencia, el diseño de nuevos y mejores componentes y la modelación de los mismos en sistemas computacionales. En el nivel

avanzado destacan las diferentes actividades de I+D relacionada para la prestación de los diferentes servicios en parques eólicos de la región (formación de recursos humanos para la operación y mantenimiento de las tecnologías de gran potencia).

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de soporte (vinculación)

Las actividades para la función de desarrollo de vínculos se encuentran presentes en los tres niveles, en el nivel básico destacan los procesos y acuerdos para la socialización de conocimientos en la operación de parques y en la formación de recursos humanos en temas de operación y mantenimiento de parques eólicos, en tanto que en el nivel intermedio destaca el desarrollo de los diferentes acuerdos de colaboración con empresas que operan en la región tanto para la formación de recursos humanos como para desarrollos tecnológicos conjuntos. A nivel avanzado se cuentan con actividades de colaboración para el desarrollo de tecnologías de pequeña potencia con empresas y otros socios institucionales, además de acuerdos de vinculación del tipo universidad- empresa- Gobierno para I+D tecnológico e incursionar en el mercado eólico.

En tanto para la función de modificación de equipo las actividades se centran en intermedias y avanzadas, en la primera de éstas se destacan las innovaciones incrementales en equipos de pequeña potencia a partir de los procesos de ingeniería de reversa, y en el nivel avanzado las actividades se han centrado en actividades de I+D y diseño de algunos componentes y equipos (a nivel de prototipos).

Consideraciones de las áreas de oportunidad para la organización en el sector eólico:

- Carreras y posgrados a fines al tema de las energías renovables.
- Grupos de expertos (investigadores) especializados en el tema de energías renovables.
- Diseño y desarrollo de álabes para equipos de gran potencia ya que son parte esencial de la eficiencia de la tecnología.
- En el desarrollo de los aerogeneradores de gran potencia en territorio nacional (por la necesidad de hacerlos más eficientes bajo los regímenes de viento persistentes en la región).
- En los sistemas electrónicos de potencia.
- Un área central es en el desarrollo de componentes (principalmente para los

equipos de pequeña potencia) y servicios.

Proyecciones a futuro como Organización en el tema eólico:

Fortalecer y consolidar la Maestría en Energía Eólica y en el corto plazo formar parte del PNP del CONACYT.

En el corto plazo, se planea iniciar actividades de la Maestría en Derecho de la Energía (que tendrá como objetivo: analizar y fortalecer el marco regulatoria en torno al cual de desarrollan los proyectos de energías renovables y no renovables de la región y del país).

Consolidar y fortalecer el grupo de trabajo en el área de energía eólica y la comercializar sus desarrollos tecnológicos (aerogeneradores de baja potencia en aproximadamente cuatro años).

Limitaciones para alcanzar objetivos:

- Hermetismo por parte de algunas empresas que operan los parques eólicos para que los estudiantes puedan hacer prácticas profesionales y conocer el funcionamiento de la tecnología (se tiene miedo de que pueda ser robado el conocimiento).
- Es necesario dirigir mayores recursos financieros y capital humano especializado en el sector.

4.3.3 Instituto de Investigación Eléctricas (IIE)

El Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), es un centro público de investigación del Sector Energía, dedicado principalmente a las áreas eléctrica y energética de México. Sus objetivos principales son la investigación, la innovación aplicada, el desarrollo tecnológico, la ingeniería y los servicios técnicos especializados en áreas como la eficiencia energética, la planeación y expansión del sistema eléctrico nacional, la confiabilidad, seguridad, simulación, las energías renovables, la automatización, y las nuevas tecnologías de información. Además, realiza la comercialización y transferencia tecnológica de sus desarrollos, ofrece capacitación y actualización de los ingenieros del sector, así como el otorgamiento de grados académicos. Y desde el 9 de febrero de 2015

fue acreditado como Entidad de Certificación y Evaluación (ECE), otorgada por el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER), lo cual le permitirá capacitar, evaluar y certificar las competencias de técnicos especialistas en el sector eléctrico mexicano.

El IIE, es un organismo público descentralizado de la Administración Pública Federal, con personalidad jurídica y patrimonio propio, creado por Decreto Presidencial, publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 1 de diciembre de 1975 y modificado mediante Decreto publicado en el DOF, el 30 de octubre de 2001. El Instituto es reconocido centro público de investigación por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) desde el año 2001. Por tal motivo, de acuerdo con la Ley de Ciencia y Tecnología, el IIE tiene como objetivo predominante realizar actividades de investigación científica y tecnológica en beneficio del sector energético nacional.

Las líneas de investigación y desarrollo tecnológico del IIE están orientadas a satisfacer las demandas y necesidades del sector energético, a través de la innovación tecnológica y la investigación en los temas prioritarios del sector, son cinco áreas prioritarias, las cuales se describen a continuación:

- i. **Sistemas Eléctricos**, en las cuales se encuentran actividades sobre: 1) eficiencia energética y ahorro energético (producción eficiente de la energía, eficiencia energética en el consumo y en la producción) y 2) eficiencia económica del sector (expansión eficiente de la infraestructura del sector eléctrico y (utilización óptima de los recursos en el sector eléctrico).
- ii. **Energías Alternas (renovables)**, línea de investigación y desarrollo tecnológico que busca la promoción, desarrollo y asegurar la confiabilidad de la gama de fuentes renovables energías, dichas actividades se centran en: celdas de combustible e hidrógeno; energía solar fotovoltaica; energía del océano; sistemas termosolares a concentración; bioenergía; tecnología eólica; pequeñas centrales hidroeléctricas; exploración de recursos geotérmicos hidrotermales; explotación de recursos geotérmicos hidrotermales; recursos geotérmicos geopresurizados y sistemas geotérmicos mejorados.
- iii. **Sistemas Mecánicos**, dirigido principalmente al aprovechamiento de los combustibles fósiles y mitigación de cambios climáticos (combustibles sólidos; captura y secuestro de CO₂; mejoramiento de eficiencia de plantas generadoras

- y planeación energética).
- iv. **Tecnologías Habilitadoras**, en donde podemos encontrar: la capacitación y herramientas avanzadas de capacitación; herramientas para apoyar a las empresas en inteligencia de negocios; automatización de procesos; mecatrónica (robótica aplicada al sector energético).
 - v. **Planeación y Calidad**, área que se dirige a los estudios prospectivos del sector eléctrico nacional; servicios de información tecnológica al sector eléctrico y calidad y competitividad del sector.

Hay que destacar que una sus principales líneas de desarrollo tecnológico se encuentran el de fuentes renovables de energía, de la cual la tecnología eólica es una parte de gran relevancia en los últimos años para el Instituto y en particular para la Gerencia de Energías No Convencionales (GENC), actualmente la Gerencia de Energías Renovables (GER).

Descripción de actividades de desarrollo tecnológico al sector eólico en México

La antigua GENC del IIE y actualmente GER, ha sido pionera en la elaboración de mapas nacionales, estatales y municipales de los recursos energéticos renovables, para el caso de la energía eólica ha elaborado diversos mapas (a nivel nacional y municipal), destacando el mapa eólico entregado al Gobierno Federal y presentado en la Conferencia de las Partes de la ONU (COP 16) realizada en Cancún, México en el 2010. En dicho mapa son presentadas las zonas con mayores potenciales para el desarrollo de proyectos eólicos de gran escala y en donde se estima un potencial de 71,000 MW técnicamente aprovechable mediante la energía eólica.

Otras de las contribuciones al sector eólico es desarrollo del pequeño aerogenerador “Avispa”, producto del grupo de trabajo de la GENC del IIE, fue diseñado para satisfacer las necesidades de electrificación de bajo consumo, como en lugares remotos donde el recurso eólico es bueno y no se cuenta con el servicio eléctrico. Está es una máquina de alto rendimiento, desarrollada mediante procesos de manufactura optimizados. Es un aerogenerador de eje horizontal con tres aspas de paso fijo y velocidad variable. Su potencia nominal es de 5 KW.

A finales de 2009 el IIE, con el propósito de aprovechar las oportunidades que ofrece el mercado eólico internacional, emprendió el desarrollo de una turbina eólica de 1.2 MW de

capacidad, diseñada para operar en condiciones de vientos intensos como los que se encuentran en la región de La Ventosa, Oaxaca (proyecto nombrado la Maquina Eólica Mexicana). Para el desarrollo del aerogenerador se integró un equipo multidisciplinario en el que se aplican las capacidades de las distintas gerencias pertenecientes al IIE: de Turbomaquinaria, Equipos Eléctricos, Instrumentación y Control, Transmisión y Distribución, Materiales y Procesos Químicos, Ingeniería Civil y Energías Renovables. Estas capacidades se complementan con el Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ del CONACYT) mediante un acuerdo de colaboración tecnológica.

Aunado a lo anterior, en el 2012 finalizó la construcción del Centro Regional de Tecnología Eólica (CERTE), construido con el apoyo económico del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en Inglés) a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), como parte de las metas del proyecto "Plan de Acción para Eliminar Barreras para el Desarrollo de la Generación Eoloeléctrica en México". Centro que además de buscar realizar actividades de I+D tecnológico, funciona como un centro de servicios y pruebas de tecnologías de pequeña y gran potencia. Entre otras cosas, actualmente cuenta con una subestación eléctrica y con la línea de interconexión para 5 MW de capacidad máxima para integrar hasta tres generadores de diferentes capacidades; cuenta con dos torres de medición anemométrica, de 80 y 40 metros de altura y con aula de capacitación (por lo cual funciona como un pequeño productor de energía).

Principales áreas de desarrollo para el sector eólico del IIE:

- Valoración del recurso eólico,
- Turbinas de pequeña potencia,
- Prototipo de una turbina de mediana potencia (la Maquina Eólica Mexicana),
- Creación de grupos de trabajo, para el desarrollo de proyectos tecnológicos,
- Gestión de recursos (nacionales e internacionales) para el desarrollo de proyectos,
- Capacitación y formación de recursos humanos y
- Actividades de investigación, desarrollo y servicios relacionados al sector.

Aunado a lo anterior, recientemente una de las nuevas funciones del IIE en el tema eólico

es el de liderar al Centro Mexicano de Innovación en Energía Eólica (CEMIE-Eólico⁷⁵), el cual surge de la convocatoria del Fondo CONACYT-SENER-Sustentabilidad Energética (FSE). Los términos de referencia de dicha convocatoria establecieron que el CEMIE-Eólico se conformaría mediante la integración de un consorcio que genere una amplia sinergia en favor del aprovechamiento de la energía eólica en el país, incluyendo la planeación científico-tecnológica en el mediano y largo plazos para el conocimiento, dominio y uso favorable de la energía eólica. Asimismo, como medio para lograr el desarrollo y la consolidación de capacidades tecnológicas locales, así como la vinculación entre las instituciones y las empresas, el CEMIE-Eólico incluye la ejecución de proyectos estratégicos que propicien la consecución de resultados de valor para el sector energético del País (PE del CEMIE-Eólico, 2014).

El IIE logro integrar un consorcio de 32 miembros y proponiendo 23 proyectos estratégicos, dentro de los objetivos que se han planteado, se tiene:

- Promover el aprovechamiento de sinergias mediante el establecimiento de una alianza multidisciplinaria, participativa y dinámica que se encargue de establecer, desarrollar y adecuar un plan de acción enfocado a abatir las barreras y los retos científicos y tecnológicos que enfrenta el país para el aprovechamiento sustentable de la energía eólica.
- Desarrollar una cartera de proyectos estratégicos específicos derivados de este plan.
- Expandir y fortalecer las capacidades de investigación científica y tecnológica.
- Fomentar la formación de recursos humanos especializados y altamente calificados.
- Vincular el ámbito académico con el industrial para la obtención de mayores beneficios.

A continuación presenta un análisis realizado para el IIE en donde se reflejan parte de los esfuerzos que el IIE ha realizado para la construcción de capacidades tecnológicas en el sector eólico, para lo cual se hace una breve descripción de las funciones y actividades que el CERTE realiza.

⁷⁵ Aprobado el 12 de noviembre por el Comité Técnico y de Administración del FSE y fue suscrito el convenio de asignación de recursos entre el IIE y el Fiduciario del Fideicomiso que corresponde al FSE, el 14 de febrero de 2014.

➤ **Centro Regional de Tecnología Eólica (CERTE)**

El CERTE⁷⁶, se encuentra localizado en la región de la Ventosa perteneciente al Municipio de Juchitán de Zaragoza, Oaxaca, sobre la carretera Panamericana. Es un centro perteneciente al IIE, administrado por la GER. Inicio operaciones en enero de 2009 (según la entrevista, pero la información institucional marca la fecha de julio de 2010 como el inicio de operaciones), para la creación de este centro, como ya se mencionó previamente, se contó con el apoyo del GEF-PNUD.

Actividades realizadas para el sector eólico en México:

El CERTE funciona como pequeño productor de electricidad, centro de pruebas de pequeños sistemas híbridos, centro de pruebas para aerogeneradores de gran potencia, medición de vientos (evaluación de recursos eólicos) y estación climatológica. Para participar como pequeño productor de electricidad cuenta con la operación de un aerogenerador de mediana potencia (el cual se encuentra en etapa de prueba y validación) y con un sistema híbrido de generadores de pequeña potencia y paneles solares. Los datos de la turbina de mediana potencia utilizada por el centro se presentan a continuación.

Datos generales de la turbina

- Número de turbinas: 1 turbina
- Tipo de turbinas: KOMAI (de la empresa KOMAIALTECH Inc.)
- Potencia 0.3 MW
- País de origen: Japón
- Y dos turbinas de pequeña potencia de 0.0025 y 0.0050 MW (2.5 y 5 KW), de fabricación nacional.

Hay que mencionar que la turbina de mediana potencia es un prototipo no comercial que se encuentra en etapa de prueba y validación, se opera en el Centro con el objetivo de que se indiquen las adecuaciones y la información necesaria de su funcionamiento para hacer de esta turbina un equipo comercial. Dentro de la información referida más importante mediante la entrevista podemos encontrar que:

⁷⁶ La información aquí presentada, es resultado de la entrevista realizada al Ing. Arturo García Albino (Residente del CERTE-IIE) el día 22 de octubre de 2013.

- Se han brindado diversos cursos de capacitación para profesores y estudiantes de las carreras de ingeniería (eléctrica, mecánica y electromecánica) del ITI (principalmente profesores de carreras afines a la energía eólica). Así como la capacitación para el personal operativo de los parques eólicos cercanos.
- Se han realizado los estudios de regímenes de viento para algunas empresas privadas que actualmente trabajan en la zona.
- Unos de los principales problemas a resolver en la tecnología de prueba dentro del Centro (así como en las otras tecnologías utilizadas en la región) es la vibración por los fuertes regímenes de viento.
- Se han realizado correcciones y adecuaciones técnicas al aerogenerador japonés (mantenimiento correctivo), así como a los pequeños aerogeneradores nacionales instalados (mediante la operación del equipo, se ha retribuido al fabricante con información surgida de su operación para aplicar dichos conocimientos en la adecuaciones técnicas al equipo o para el desarrollo de nuevas turbinas).
- El Centro se encuentra en una zona privilegiada, en el corazón del corredor eólico del Istmo (está rodeado de diversos parques eólicos, entre los más cercanos encontramos a Parques Ecológicos de México (Iberdrola) y el Parque Eólico de Peñoles).

Respecto al personal operativo

El centro cuenta únicamente con una persona como personal fijo que es el residente del centro y 2 personas de vigilancia por cada turno (2 turnos al día). El residente cuenta con estudios a nivel licenciatura (Ingeniero eléctrico) y hay tres trabajadores eventuales que realizan actividades de mantenimiento del equipo (los cuales cuentan con estudios a nivel licenciatura principalmente).

Actividades centradas en la construcción de capacidades tecnológicas del IIE-CERTE

A continuación se presentan las principales actividades realizadas por el IIE y del CERTE como Centro remoto del Instituto a partir de la matriz adaptada de Bell y Pavitt (1995) para el análisis de capacidades tecnológicas del sector eólico en México.

Cuadro 40: Actividades del IIE-CERTE en la matriz de capacidades tecnológicas

Nivel	Actividades Primarias				Actividades de Soporte y vinculación	
	Inversión		Producción		(5) Desarrollo de vínculos	(6) Modificación de equipo
	(1) Toma de decisiones y control	(2) Preparación y ejecución del proyecto	(3) Procesos y organización de la producción	(4) Centrada en el producto		
Capacidades tecnológicas (capacidades para generar y administrar el cambio técnico)						
Básicas (A)	<p>A1.1. Monitoreo activo y control de valoración de recurso eólicos: A1.1.a. Estudios de factibilidad en zona "Mapas eólicos" A1.1.b. A1.1.c. Programación de actividades para proyectos y gestión de recursos A1.2.</p>	<p>A2.1. Asesorías y elaboración de estudios de factibilidad A2.2. Obtención de equipo estándar para monitoreo y pruebas A2.3. Auxiliares y asesoramiento de ingeniería básica A2.4.</p>	<p>A3.1. Puesta en marcha y operación de proyectos (CERTE) A3.2. Mejora del equipo de prueba y mantenimiento A3.3. Adaptaciones técnicas menores a los equipos A3.4.</p>	<p>A4.1. Reparación y adaptaciones técnicas a las condiciones físicas locales de las tecnologías (aerogeneradores por ejemplo) A4.2.</p>	<p>A5.1. Invest. Y absorción de información de los diferentes socios institucionales A5.2. Proyectos conjuntos con otras organizaciones para la formación y capacitación de RH A5.3.</p>	<p>A6.1 Adaptación y mantenimiento al equipo con conocimiento del desarrollador tecnológico (Mejora tecnológica) A6.2.</p>
Intermedias (B)	<p>B1.1. Búsqueda, evaluación y selección de tecnologías y capital humano B1.2. B1.3. Administración y operación de proyectos completos B1.4.</p>	<p>B2.1. Ingeniería de detalle B2.2. Adquisición y desarrollo de equipo y componentes B2.3. Estudios de valoración ambiental y potencial eólico B2.4. Administración y seguimiento de proyectos (pequeño productor de energía eólica) B2.5. Capacitación y reclutamiento de RH altamente capacitado B2.6.</p>	<p>B3.1. Mejora continua en procesos y productos B3.2. Licenciamiento de nueva tecnología B3.3. B3.4.</p>	<p>B4.1. Ingeniería de reversa B4.2. Diseño de nuevos componentes, equipos y servicios B4.3.</p>	<p>B5.1. Vinculación con otras organizaciones para la socialización del conocimiento e impulso a la I+D en áreas prioritarias B5.2. Puesta en marcha del proyecto MEM con socios institucionales B5.3. Grupos de trabajo para la capacitación RH e I+D tecnológico B5.4.</p>	<p>B6.1. Innovaciones incrementales (actividades de I+D en sectores prioritarios) B6.2.</p>
Avanzadas (C)	<p>C1.1. Desarrollo de nuevos productos, componentes y servicios C1.2.</p>	<p>C2.1. Procesos básicos de diseño e I+D relacionada C2.2. Socialización del aprendizajes y experiencias entre las distintas áreas del IIE (desarrollo de la MEM)</p>	<p>C3.1. Innovación en procesos y actividades de I+D relacionada C3.2. C3.3. Formación de RH C3.4.</p>	<p>C4.1. Actividades de I+D relacionada (a partir de sus áreas de prioritarias) C4.2.</p>	<p>C5.1. Colaboración tecnológica al interior del IIE como con otros socios institucionales C5.2. Procesos de vinculación (uni-emp-gob) para incursionar al sector eólico nacional (CEMIE-Eólico)</p>	<p>C6.1. I+D para diseño de nuevos productos, componentes y servicios (CERTE, Proyecto MEM y el CEMIE-Eólico) C6.2.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas e información recabada del IIE (2013).

El IIE, durante gran parte de su vida ha logrado acumular diferentes capacidades tecnológicas en el sector de energías renovables y, por lo tanto, en el área eólica. De esta manera el CERTE, es el resultado y por lo tanto, un reflejo de algunas de las capacidades que el IIE ha logrado construir en el sector eólico en México, y que le permitirá se siga fortaleciendo. Gracias al CERTE, así como a la turbina eólica de mediana potencia ahí instalada ha permitido que el IIE pueda ir acumulando conocimiento en el funcionamiento de turbinas de mediana y alta potencia y de esta manera facilitar el desarrollo de una tecnología propia (la Máquina Eólica Mexica que es uno de los proyectos más importantes y ambicioso del IIE el área eólica). El histórico conocimiento adquirido por parte del IIE, le ha permitido poder ser un actor preponderante en el tema de formación de recursos humanos para el sector eléctrico en general, lo cual hoy les permite implementar diversos cursos para el personal que trabaja en el sector. Un elemento adicional de gran importancia son los acuerdos de colaboración con diferentes organizaciones que ha resultado en gran relevancia en la construcción de capacidades tecnológicas del IIE y que se busca puedan ser detonadas en mayor medida mediante el CEMIE-Eólico. Las actividades en la construcción de capacidades tecnológicas eólicas del IIE se describen a continuación.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de inversión

Las capacidades tecnológicas en las funciones técnicas de inversión, se encuentran presentes en los tres niveles, en lo que se refiere a la toma de decisión y control, hay que destacar que la organización realiza diferentes acciones tanto en el monitoreo y control de los diferentes recursos energéticos (como los eólicos), así como los estudios de factibilidad, desarrollo de mapas eólicos, además de la programación de actividades de sus diferentes proyectos y la gestión de recursos para los mismos, en tanto que en el nivel intermedio realizan las actividades derivadas de la búsqueda, evaluación y selección de tecnologías y capital humano, así como la propia administración y operación de los proyectos (que es el caso del CERTE y otros proyectos realizados y por realizar). Finalmente en el nivel avanzado se encuentran actividades derivadas de su propio origen que es el desarrollo continuo de nuevos productos componentes y servicios.

Respecto a la función de preparación y ejecución del proyecto, se encuentran ubicados también en los tres niveles, en el nivel básico desde las asesorías y estudios de factibilidad hasta la obtención de equipo estándar de monitoreo y pruebas, a nivel

intermedio se centra sus principales fortalezas en la ingeniería de detalle, la adquisición y desarrollo de equipos y componentes, los estudios de valoración ambiental y potenciales eólicos (mapas eólicos), además de administración y operación del proyectos, así como la capacitación y reclutamiento de recursos humanos altamente capacitados. Finalmente en el nivel avanzado sus capacidades se centran en la socialización de los diferentes conocimientos y aprendizajes entre las distintas áreas del IIE y sus socios institucionales para el desarrollo de la MEM.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de producción

En las funciones técnicas de producción sus capacidades se ubican los tres niveles En la función de proceso de la organización de la producción, el nivel básico se cuenta con la puesta en marcha y operación de proyectos (como el CERTE), la mejora del equipo de prueba y mantenimiento de la misma, en tanto en el nivel intermedio se cuenta con la mejora continua en procesos y productos, así como el licenciamiento de nueva tecnología. Para el nivel avanzado se cuenta con capacidades en la formación de recursos humanos, pero sobre todo en innovaciones en procesos y actividades de I+D relacionada.

En lo referente a la función centrada en el producto, se detectan capacidades básicas derivadas de las reparaciones y adaptaciones técnicas a las condiciones físicas locales de las diversas tecnologías (aerogeneradores por ejemplo), en tanto en el nivel intermedio existe el diseño de nuevos componentes, equipos y servicios e ingeniería de reversa. Finalmente a el nivel avanzado se encuentran las actividades de I+D en aéreas prioritarias para el IIE.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de soporte (vinculación)

Las capacidades para la función de desarrollo de vínculos se encuentran presentes en los tres niveles, en el nivel básico se cuenta con la investigación y absorción de información de las diferentes áreas del Instituto, así como de diversos socios institucionales y de los diferentes proyectos conjuntos con diferentes organizaciones para desarrollar e implementar asesorías y cursos para la capacitación de recursos. En el nivel intermedio se destacan los procesos de vinculación con otras organizaciones para la generación y socialización de conocimiento y el impulso a la I+D en áreas/tecnologías prioritarias, además de la puesta en marcha de proyectos conjuntos para desarrollos tecnológicos (por ejemplo el proyecto de la MEM). En tanto en el nivel avanzado sus capacidades se

centran en los procesos de vinculación (tanto al interior del Instituto como son otras organizaciones) para el desarrollo tecnológico e incursionar en el mercado eólico ofreciendo servicios y/o componentes que el sector requiere (por ejemplo el CEMIE-Eólico).

Finalmente en la función de modificación de equipo, se encuentra que en el nivel básico se realizan adaptaciones (mejoras tecnológicas) y mantenimiento a los equipos operados, además de innovaciones incrementales derivadas de las diferentes actividades de I+D en tecnologías y sectores prioritarios. Finalmente en el nivel avanzado se destaca la I+D para el diseño de nuevos productos, componente y servicios para el sector, ejemplo de ello es el propio CERTE, el proyecto de la MEM y el CEMIE-Eólico.

Consideraciones de áreas de oportunidad de la organización en el sector eólico:

- Considerando que muchas de las tecnologías no se prueban en sitio (previo a la adquisición de los equipos), esta es una ventana de oportunidad para el CERTE ya que cuenta con el centro de pruebas para equipos.
- A nivel nacional hay oportunidades para la integración y/o consolidación de una cadena de suministro, en donde diversas empresas nacionales tienen potencial para poder incursionar.

Proyecciones a futuro como Organización en el tema eólico:

En el corto plazo: El desarrollo de la Maquina Eólica Mexicana (MEM), las pruebas en sitio (en el CERTE) y la instalación adicional de capacidad eólica de entre 1.5 y 3 MW dentro del mismo predio del Centro.

Además de la consolidación del CEMIE-Eólico y el buen desarrollo de los proyectos tecnológicos contemplados.

Limitaciones para alcanzar objetivos:

- Falta de capacidad técnica (brecha tecnológica) en comparación con otros países que hoy son desarrolladores tecnológicos.

Ahora se presenta un análisis integrado de las principales capacidades tecnológicas construidas por este primer grupo de organizaciones.

4.3.4 Capacidades centradas en los centros de I+D y las entidades de educación superior

El valor social, cultural y económico que desarrollan las entidades de educación superior (Universidades) y los Centros Públicos de I+D es ampliamente reconocido en todos los países, subrayando que el apoyo a estas entidades es una de las inversiones más importantes con miras a un mayor dinamismo económico en la explotación de áreas de oportunidad basado en aprendizajes útiles para la sociedad y para la economía en general.

El papel de la ciencia, la tecnología e innovación como tareas de las Universidades y en especial de los Centros de I+D no sólo se centran en sus aportaciones académicas para la generación del conocimiento, sino además a su aporte al crecimiento económico de los países. Siendo así las instituciones de educación superior un componente permanente que aporta al desarrollo social y que de manera paulatina han logrado jugar roles cada vez más importantes en el desarrollo científico y tecnológico de numerosas áreas productivas y para diferentes regiones del Mundo. El desarrollo tecnológico en torno a la energía eólica no se aleja de lo anteriormente planteado, un claro ejemplo es el de China, que mediante diversos acuerdos de colaboración y/o transferencia de tecnología entre empresas privadas (locales y empresas líderes del exterior) y centros de I+D públicos y privados locales ha logrado desarrollar en pocos años una importante industria ligada a la energía eólica.

En el caso particular de México, los centros de I+D y las Universidades resultan ser fundamentales en la construcción y acumulación de capacidades tecnológicas del sector, reconociendo que existen esfuerzos importantes por parte de estas organizaciones para construir capacidades científicas y tecnológicas que permitan incursionar o fortalecer su participación en una industria eólica local. Sin tratar de generalizar a todos los centros y/o universidades que realizan actividades para la construcción de capacidades tecnológicas en el sector, con las organizaciones aquí presentadas se busca dar evidencia de qué tipo y en qué nivel se encuentran las capacidades tecnológicas de innovación de este tipo de organizaciones. A partir de los estudios de caso anteriormente presentados (Universidades/Centros Públicos de I+D), a continuación se presentan aquellas capacidades tecnológicas de innovación comunes a las organizaciones en base a la matriz adaptada de Bell y Pavitt (1995) para el sector eólico.

Cuadro 41: Matriz integrada de las actividades tecnológicas de innovación para centros de I+D y entidades de educación superior

Nivel	Actividades Primarias				Actividades de Soporte y vinculación	
	Inversión		Producción		Desarrollo de vínculos	Modificación de equipo
	Toma de decisiones y control	Preparación y ejecución del proyecto	Procesos y organización de la producción	Centrada en el producto		
Capacidades tecnológicas (capacidades para generar y administrar el cambio técnico)						
Básicas	-De manera institucional se realiza la programación de actividades para proyectos y para la gestión de recursos de proyectos de investigación	-Se cuenta con laboratorios para realizar sus actividades de investigación básica -Monitoreo activo de las tecnologías existentes en el mercado	-Cuentan con prototipos y equipos de prueba, diseño modelación (principalmente para equipos de pequeña potencia) -Adaptaciones y mejoras a los prototipos en laboratorios	-Reparación y adaptaciones a los prototipos para aumentar su eficiencia en campo (mejoras tecnológicas)	-De manera colaborativa con otros centros y empresas privadas se capacitan RH para la operación de los parques eólicos de la región	-Cuando se cuenta con tecnología licenciada se socializa el conocimiento de la misma con desarrollador tecnológico (caso del CERTE)
Intermedias	-Mapeo de tecnologías de pequeña potencia y <i>software</i> para la modelación de componentes y equipos -Gestión y Admón. de proyectos de investigación tecnológica (de carácter académico y de desarrollo tecnológico)	-Capacitación de personal operativo para parques de la zona (en forma colaborativa con otras organizaciones) -Creación de cursos, diplomados y posgrados en temas eólicos	-Licenciamiento de nueva tecnología con fines de investigación (educativa) y con visión de desarrollo comercial	-Procesos de ingeniería de reversa en equipos de pequeña potencia -Modelación de componentes de pequeña y gran potencia (álabes y aerogeneradores)	-Vinculación tecnológica con empresas desarrolladoras para la socialización de las tecnologías de gran potencia -Consolidación de grupos de trabajo con otras organizaciones	-Diseño e ingeniería de reversa para tecnologías de pequeña potencia -Diseño y modelación de componentes (de pequeña y gran potencia)
Avanzadas		-I+D en temas de energía eólica -Proyectos de desarrollo tecnológico (en tecnologías de pequeña y gran potencia)	-I+D dirigida a aprovechar oportunidades en la naciente industria eólica -Formación de RH locales altamente capacitados (competitivos)	-Actividades de I+D para incrementar la eficiencia y desarrollar tecnologías adecuadas a las condiciones de la región	-Colaboración en proyectos tecnológicos dirigidos hacia un objetivo en particular -Consolidación de vínculos (uni-emp-gob) con organizaciones locales	-I+D para diseño de nuevas tecnologías de pequeña potencia y conocimiento y socialización de la tecnología de gran potencia

Fuente: Elaboración propia a partir de la evidencia.

Hay que destacar que por su origen los centros de I+D, ya sean pertenecientes a Universidades u otra Entidad Pública, tienen un determinado perfil que delinean su actuación o ejes rectores como pueden ser el de la generación y difusión del conocimiento, así como la I+D con fines educativos. Lo anterior en los casos aquí analizados no es la excepción ya que una de las principales actividades que estas

realizan para el sector eólico es justamente la generación de conocimiento con fines académicos y de desarrollo tecnológico en este tipo de tecnología.

De acuerdo con la evidencia obtenida, las organizaciones anteriormente presentadas, han construido capacidades tecnológicas en diferentes niveles, tanto en las funciones técnicas de inversión, producción y soporte, las cuales se analizarán brevemente a continuación.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de inversión

En lo referente a la toma de decisión y control: abarca actividades básicas mediante la programación de actividades para proyectos y gestión de recursos; e intermedias centradas principalmente en el mapeo de tecnologías y sistemas computacionales así como la gestión y administración de los proyectos.

Para la preparación y ejecución del proyecto: se cuenta con niveles básicos mediante la investigación básica en laboratorios, así como el monitoreo activo de las tecnologías; en las intermedias se realizan actividades de capacitación de personal operativo y el desarrollo de cursos en diferentes niveles (capacitación, diplomados y posgrados); y finalmente en las capacidades avanzadas se cuenta con actividades de I+D y proyectos de desarrollo tecnológico (en equipos de pequeña y gran potencia).

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de producción

En los procesos de organización de la producción: en el nivel básico se realizan adaptaciones y mejoras a los prototipos y equipos existentes en laboratorios propios; en el nivel intermedio se realizan actividades de licenciamiento de nueva tecnología con fines educativos y de desarrollo tecnológico con fines comerciales; en tanto en las avanzadas se realizan actividades de I+D para aprovechar oportunidades que la naciente industria eólica presenta, así como la formación de recursos humanos altamente capacitados.

Respecto a la centrada en el producto: en el nivel básico se cuenta con actividades para reparaciones y adaptaciones a los prototipos para aumentar su eficiencia; en el nivel intermedio existen procesos de ingeniería de reversa en equipos de pequeña potencia y modelación mediante sistemas computacionales de componentes y equipos de gran potencia; en lo referente a las avanzadas existen actividades de I+D en tecnologías para que sean más adecuadas a las condiciones físicas locales (principalmente en nivel de prototipos y modelación mediante paquetes computacionales).

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de soporte (vinculación)

En el desarrollo de vínculos: estos se dan principalmente de carácter interno y externo (vinculación interna y externa) principalmente mediante el establecimiento de grupos de trabajo para la capacitación de recursos humanos para la operación y mantenimiento de los parques eólicos localizados en la región (nivel básico), en el nivel intermedio la consolidación de grupos de trabajo dirigidos hacia la socialización de experiencias y adaptaciones menores de equipos de prueba existentes (tanto de pequeña y gran potencia); y en los avanzadas se ha logrado consolidar vínculos del tipo Universidad-Empresa con organizaciones locales para el fortalecimiento de mayores y mejores conocimientos.

En la modificación o desarrollo de equipo: en el nivel básico existen actividades de socialización del conocimientos y experiencias derivada principalmente de la operación y mantenimiento básico; a nivel intermedio surgen actividades de ingeniería de reversa, ingeniería y construcción de equipo de prueba (modelación); y en el nivel más avanzado existen actividades de I+D para nuevos componentes y equipos (principalmente de pequeña potencia).

En el Capítulo 5 se presenta un análisis similar al realizado anteriormente, pero ahora es para los casos de empresas, tanto para las empresas desarrolladoras y operadores de proyectos eólicos como para las empresas de componentes y servicios. En el primer grupo se presenta a las empresas: 1) Eléctrica del Valle de México, 2) CFE y 3) Acciona Energía. En tanto que un segundo se presentan las empresas: 1) CISA Energía, 2) Trinity Industries y 3) ESEASA Construcciones.

Conclusiones

Con los constante cambios que vive la sociedad y los sistemas productivos que a su vez impulsan el desarrollo de diferentes innovaciones para dar respuesta a esos cambios, existen agentes que resultan centrales dentro de dicho proceso, tal es el caso de los Centros de I+D y las Universidades, los cuales influyen en la renovación permanente tanto de la sociedad como de los sistemas económicos de las naciones, para determinados sectores productivos sin ellos resultaría imposible entender el procesos de transformación de las sociedades.

Si bien dentro de los objetivos centrales de las Universidades y de los centros I+D del sector público, un elemento nuclear es la educación y la formación de recursos humanos también es cierto que representan un factor crítico para la construcción de capacidades tecnológicas que son fundamentales para diferentes sectores productivos con el fin de generar más y mejores innovaciones en respuesta a los requerimientos de una sociedad o una economía determinada. En el tema de la tecnología eólica, lo anterior resulta pertinente considerando que dicha tecnología históricamente se ha enriquecido de muchas tecnologías y de muchos agentes (tanto públicos como privados), lo cual ha permitido que cada día se desarrollen más y mejores tecnologías (cada vez más eficientes), además que se espera que dicha tecnología siga evolucionando. En este sentido, las entidades de I+D y de educación superior tienen la oportunidad de jugar un papel preponderante al aprovechar las ventanas de oportunidad que este sector ofrece⁷⁷.

En el contexto industrial existen un gran número de áreas de oportunidad, tanto para el desarrollo de componentes y equipos como para la prestación de diferentes servicios al sector, y en donde diversas organizaciones, como son los educativos y de I+D, podrían participar de manera importante. Lo anterior, considerando que en México se prevé que el aprovechamiento de los recursos eólicos siga creciendo, ello representa diversas oportunidades para la industria local pero también diferentes retos en la construcción y acumulación de las diferentes capacidades tecnológicas que den solución a los requerimientos del sector. Esto considerando que hoy por hoy, la mayor parte de las tecnologías utilizadas en México proviene del exterior. Y si bien es cierto que en México se han ido conformado una cadena de suministros para el sector, esta sigue siendo muy débil en comparación con los requerimientos que se prevén para el crecimiento de la capacidad instalada en territorio nacional.

Para la evolución y consolidación de la actual cadena de suministros y de la conformación de una industria eólica local, se enfrenta a un gran reto, que es justamente la construcción y difusión de capacidades tecnológicas, recordando que éstas son las capacidades que permiten a una organización “asimilar, emplear, adaptar y modificar las tecnologías existentes. Asimismo, le permite crear nuevas tecnologías y desarrollar nuevos productos y métodos de fabricación que respondan al cambiante entorno económico” (Kim, 2000). Esto ha quedado demostrado por diversos países que no sólo lograron tener una

⁷⁷ El reciente crecimiento en el aprovechamiento de los recursos eólicos en México, ha implicado enfrentar importantes retos pero también ha creado importantes oportunidades para los diferentes países y en particular para las empresas y demás organizaciones que se han involucrado en el desarrollo de éste tipo de proyectos.

participación creciente en la capacidad instalada con esta fuente de energía sino que lograron asimilar la tecnología a tal grado que han consolidado un importante industria ligada a la explotación de sus recursos eólicos.

En torno al interés de caracterizar y analizar las capacidades tecnológicas de innovación construidas en el sector eólico en México, se ha realizado un estudio de corte transversal (o de fotografía) que se realiza con nueve organizaciones (casos de estudio) analizadas en la presente investigación, las cuales se dividen en tres principales grupos. Para el primer grupo analizado en presente Capítulo (centros de I+D y entidades de educación superior), se ha encontrado que por su perfil y objetivos en los cuales se fundamentan su razón de ser, se destacan como principales capacidades tecnológicas de innovación aquellas que se encuentran relacionadas principalmente en la generación de conocimiento con fines académicos y de desarrollo tecnológico, esta última principalmente para tecnologías de pequeña potencia (subrayando la gran diferencia que existe entre los equipos de pequeña potencia vs los de mediana y gran potencia, como los utilizados actualmente en los proyectos de México).

Con el análisis de los casos presentados en el presente Capítulo se observó que sin bien las capacidades tecnológicas con las que cuentan han sido construidas localmente estas no son determinantes para dar un salto sustancial en la conformación de una industria eólica doméstica, es decir las actividades tecnológicas de las organizaciones analizadas no cuentan con un alto grado de innovatividad que les permita tener un papel preponderante en el sector.

Sin embargo, hay que reconocer que un primer paso sin lugar a dudas es contar con el suficiente capital humano que permita ir generando más y mejores capacidades tecnológicas con miras a tener una mayor presencia en el sector, por lo tanto es que la formación de recursos humanos resulta un punto central, en el sentido en que resulta necesario contar con el personal altamente capacitado que sea capaz de dar solución a los diferentes problemas técnicos que se presentan en un parque eólico (como es el caso de los parques eólicos que se encuentran en la región del Istmo de Tehuantepec), capacitación que en muchas ocasiones se ha dado de manera colaborativa con otras instituciones de educación superior de la región y con empresas privadas (desarrolladoras tecnológicas y operadoras de parques eólicos).

En torno a la formación de recursos humanos para la operación y mantenimiento de los

parques es una condición necesaria pero no suficiente con miras a tener una mayor actividad en el sector, ya que para dar un salto cualitativo y cuantitativo a nivel tecnológico es necesaria una mayor participación de los recursos humanos capacitados en el país en las diferentes actividades técnicas y tecnológicas más avanzadas donde se generen aportes más significativos dentro de las tecnologías.

Hay que subrayar en torno al tema de actividades tecnológicas de innovación en el sector eólico en México, destaca el IIE quien por su origen y orientación a aportado avances importantes en la acumulación de capacidades tecnológicas en el sector, y del que se espera siga teniendo una actividad aún más dinámica en los próximos años con el cumplimiento de los objetivos planteados en el CEMIE-Eólico.

Para finalizar hay que puntualizar que la evidencia ha demostrado que si bien las capacidades tecnológicas correspondientes a entidades de educación superior y centros de I+D se ubican en los niveles básicos e intermedios, lo cual hay que destacar que no es un asunto menor, se espera que mediante los diferentes esfuerzos realizados sea posible seguir desarrollando y fortaleciendo sus capacidades tecnológicas, lo anterior considerando que actividades como son la formación de recursos humanos y la I+D son esenciales para la construcción de capacidades tecnológicas locales, y en este sentido, resultan fundamentales para la consolidación de una industria doméstica.

Capítulo 5: Capacidades tecnológicas del sector eólico en México: El caso de las empresas

Introducción

Según Carrillo y Villavicencio (2012: 9), “el desarrollo económico de los países se finca en un conjunto de factores estructurales y otros de naturaleza dinámica que de manera combinada permiten a las empresas ofrecer bienes y servicios, incrementar la productividad, competir en los mercados y coadyuvar al empleo y al crecimiento económico”, los autores destacan que dentro de los factores dinámicos se encuentran aquellas actividades que las empresas realizan para el desarrollo de capacidades de aprendizaje tecnológico y a la par la construcción y acumulación capacidades tecnológicas de innovación en donde los factores institucionales y de política pública juegan un papel central para que las empresas logren alcanzar determinados objetivos, como es la permanencia en el mercado o el poder incursionar en nuevos mercados o nuevos sectores productivos y de servicios.

Es así que, que los determinantes tecnológicos y organizacionales de las empresas son nucleares para generar y consolidar dinámicas de innovación en los sectores productivos en los que participan. Respecto al sector eólico hay que subrayar que dicho sector se ha destacado por una constante dinámica en los procesos de innovación y que tecnológicamente no ha dejado de evolucionar y de tener una mayor presencia en otros países y regiones.

El trayectoria tecnológica asociada al sector eólico históricamente se ha asociado con el desarrollo progresivo de oportunidades de innovación tanto en componentes y equipos como en servicios y en donde el adecuado aprovechamiento de dichas oportunidades ha impulsado a que las empresas acumulen cada vez más y mejores capacidades tecnológicas con el objetivo de dar respuesta a los crecientes requerimientos del sector principalmente en aquellos países donde recientemente se han incorporado los proyectos eolieléctricos de gran potencia, como es el caso de México. Lo cual requiere necesariamente de la consolidación de una cadena de valor local asociada al sector para poder aprovechar y diversificar los beneficios que genera un nuevo sector, como es el caso la industria eólica en México.

En México la industria eólica que se está desarrollando ya es una realidad, con poco más de 2,500 MW instalados al finalizar el 2014 y con las expectativas de de crecimiento en los próximos años, por lo cual el reto para el sector industrial de nuestro país es hacer de México un polo de desarrollo tecnológico y de servicios para el sector eólico (tanto para el contexto local como global). Si bien, el desarrollo de proyectos eólicos en México ha presentado un comportamiento continuo, y del cual se prevé que siga creciendo, es primordial que las diferentes organizaciones que se han involucrado en el desarrollo de dichos proyectos a partir de sus diferentes actividades, logren no sólo sostener las capacidades tecnológicas que han podido integrar (como son los recursos técnicos y humanos) sino poder potencializar y consolidar más y mejores capacidades tecnológicas locales en beneficio del afianzamiento de una industria ligada al aprovechamiento de la energía eólica.

En la actualidad la industria eólica en el Mundo ha alcanzado un grado de madurez, además la presencia de empresas líderes tanto en componentes como en equipos y servicios (muchas de las cuales participan en toda la cadena de valor), lo cual no es una limitante para que otras empresas, principalmente locales, en donde se desarrollan los proyectos eólicos, puedan incursionar en la manufactura de los diferentes componentes y equipos. Mejor aún, nuevas empresas podrían surgir, y a la vez servir de plataforma para la exportación hacia otros mercados que comienzan a ser recientemente explotados como es el caso Latinoamericano. La conformación de una cadena de suministros y de manufactura que se ubique localmente puede además, de generar una gran cantidad de empleos, la asimilación de la tecnología y, en paralelo, el desarrollo tecnológico nacional con la formación de recursos humanos de alta especialidad que esto implica (Rodríguez, 2011). Lo cual ha sido posible y se ha realizado de manera exitosa, en muchos países como es el caso de China, España, India, y más recientemente en América Latina el caso de Brasil.

Si bien, como se ha mencionado anteriormente, actualmente ya existen empresas bien consolidadas en el desarrollo de tecnologías y servicios para el sector eólico, sin embargo siempre es posible realizar diversas aportaciones tecnológicas ya que la evolución tecnológica de esta fuente de energía sigue avanzando hacia una mayor eficiencia⁷⁸.

Hay que reconocer que los proyectos eólicos en México resultan ser muy importantes en

⁷⁸ Hay que recordar que las nuevas tecnologías se han centrado en un mayor aprovechamiento de vientos, lo que ha llevado a colocar los aerogeneradores a mayores alturas y con diámetros de rotor cada vez mayores.

varios aspectos, tales como los ambientales y económicos (principalmente por las inversiones realizadas), pero sin duda también han dejado algunas deudas pendientes como es el caso de la generación de mejores y mayores beneficios para la sociedad local como empleos y mejores condiciones de vida. Si bien es cierto que los proyectos si han generado empleos locales (temporales y fijos), principalmente los derivados del proceso de planeación, construcción, operación y mantenimiento, sin embargo la conformación de una industria eólica local podría generar aún mayores empleos, más calificados y mejores pagados dando mayor beneficio social y económico al país.

Pero es una realidad que para la conformación de una industria eólica local se requiere necesariamente de la construcción y acumulación de diversas capacidades tecnológicas, muchas de las cuales se desarrollan al interior de las empresas pertenecientes a los diferentes sectores industriales. En México diversas empresas han logrado acumular determinadas capacidades tecnológicas derivadas de sus actividades que realizan (o han realizado) para los proyectos eólicos que actualmente operan en el país. Las cuales hay que puntualizar no se encuentran desarrolladas de manera uniforme ya que se determinan principalmente en función de sus propias actividades y origen de la empresa.

En este sentido, el propósito del presente capítulo es presentar, caracterizar y analizar aquellas actividades que han permitido a las empresas estudiadas, construir determinadas capacidades tecnológicas. Para este propósito (como fue explicado previamente en el apartado 4.1 del Capítulo 4), se parte de la propuesta metodológica realizada por Bell y Pavitt (1995), para caracterizar las capacidades tecnológicas de las organizaciones (en este Capítulo se analizan a las empresas).

Para tal propósito, el capítulo se divide en tres apartados principales, en el primero se hace un breve análisis de los principales sectores industriales y de servicios que podrían participar y fortalecer la cadena de valor para el sector eólico en México. En el segundo apartado se presentan los resultados (evidencias) de los estudios de caso derivados de la caracterización y análisis de las capacidades tecnológicas de innovación construidas por las empresas estudiadas. Dicho análisis se realiza de manera individual para cada caso, así como un análisis con base a dos subgrupos en los que se dividen las organizaciones estudiadas, un primer grupo se encuentra integrado por las empresas desarrolladoras y operadoras de parques eólicos y el último grupo se encuentra integrado por empresas de componentes y servicios. Finalmente se presenta un análisis integrado de las principales

capacidades tecnológicas con las que cuentan las organizaciones analizadas, es decir: las empresas abordadas en el presente Capítulo y las organizaciones previamente analizadas en el Capítulo 4.

5.1 La cadena de valor del sector eólico y los sectores industriales asociados

La diversificación industrial, tanto en los bienes y servicios resulta de vital importancia con el fin de poder dar respuesta a los requerimientos resultantes de las nuevas actividades económicas y productivas. Sin embargo, es una realidad que los países en desarrollo como es el caso de México se enfrentan a diferentes problemáticas derivadas de incorporar una nueva actividad productiva, como son las energías renovables en general, y en particular de la energía eólica, uno de los principales problemas es la dependencia de la senda tecnológica e industrial asociada a ese nuevo sector, así como a la falta de un contexto institucional adaptado a las condiciones locales.

Los países históricamente líderes en la explotación de la energía eólica, como Dinamarca y Alemania, además de ser visionarios en alcanzar sus objetivos de diversificación de sus matrices energéticas en base a fuentes renovables de energía (siendo la energía eólica un pilar central) promovieron políticas industriales para desarrollar un sector industrial ligado al aprovechamiento de dichas fuentes de energía. De la misma manera recientemente otros países como China y España (analizados en el Capítulo 3) lograron replicar algunos elementos de política industrial para consolidar una industria local ligada a la explotación de sus recursos eólicos. Mediante el impulso a dichas políticas (industriales y tecnológicas), los países líderes antes mencionados fueron capaces de desarrollar nuevos sectores, empresas y *clústeres* ligados al aprovechamiento de la energía eólica, que al día de hoy tienen fuerte presencia internacional, lo cual fue posible gracias al fuerte entramado institucional, que se ha basado principalmente en políticas públicas multidisciplinares.

Se destacan como políticas multidisciplinares porque se entretajan políticas industriales, educativas y tecnológicas (I+D aplicada), con el objetivo de conformar o fortalecer una estructura productiva mejorada y que genere mayor valor agregado de aquellas nuevos sectores que se incorporan en una economía, como es caso del sector que aquí nos ocupa. Pero lo anterior, no es posible sin adquisición y desarrollo de capacidades

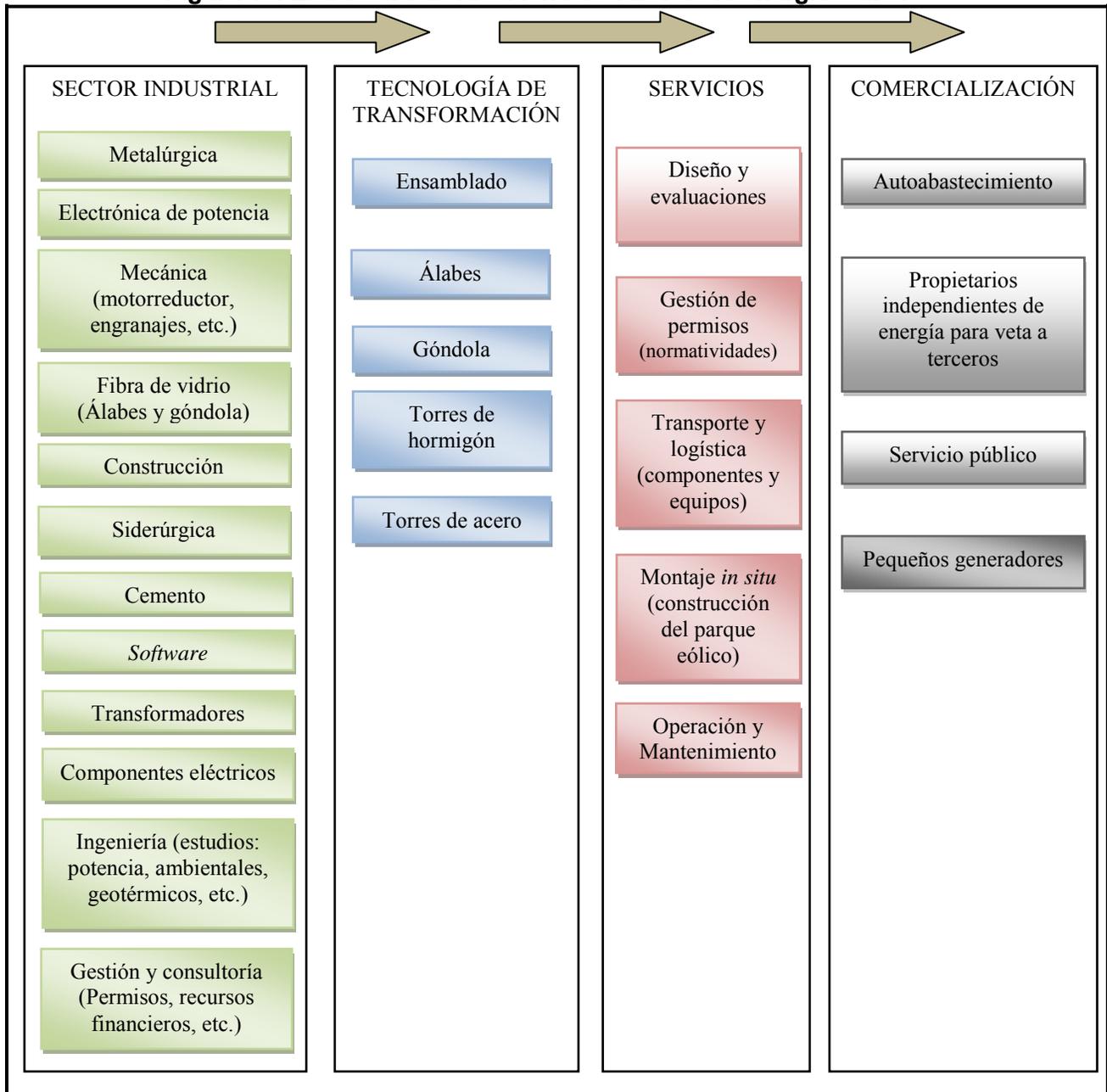
tecnológicas y sin las políticas públicas necesarias, ya que un elemento central es la construcción o fortalecimiento de una cadena de valor doméstica que de soluciones a los requerimientos del sector tanto al interior como aprovechar las oportunidades que el sector genera hacia el exterior. De esta manera que la consolidación de una cadena de valor de un sector productivo emergente resulta fundamental para el óptimo desarrollo y crecimiento de dicho nuevo sector pero sobre todo para generar mayores beneficios tanto económicos como sociales.

La dinámica de competencia de los actuales mercados (cada vez más globales), aumenta la presión sobre las empresas y los sectores en general para una constante y progresiva reducción de costos y sobre todo se requiere de equipos cada vez más eficientes. Si bien es cierto que hay grandes empresas y tecnologías líderes bien establecidas en el sector, también es una realidad que existen diversas ventanas de oportunidad que el crecimiento del sector ofrece. Por tal razón resulta crucial desarrollar un marco integral que proporcione a las diferentes organizaciones con interés de participar en la cadena de valor del sector eólico la certidumbre y el ambiente de interacciones para generar capacidades tecnológicas prioritarias, con el fin de poder alcanzar un nivel óptimo de competitividad.

En este sentido la I+D y la infraestructura tecnológica que las empresas y los diferentes sectores industriales ofrecen resultan centrales para la construcción y acumulación de capacidades tecnológicas iniciales para hacer frente a al nuevo sector eólico. Hay que destacar en este proceso también las entidades de educación superior y centros públicos de I+D son fundamentales en la oferta de capital humano altamente cualificado y adaptado a las necesidades del sector y en la óptima funcionalidad de la cadena de valor.

El sector de la industria eólica tiene como actividad principal el ensamblado de diversas partes que provienen de diferentes industrias. Los principales sectores que alimentan este ensamblado son: metalmecánica, metalúrgica, electrónica de potencia, fibra de vidrio y carbono, construcción, industria siderúrgica, industria del cemento, industria de equipamiento eléctrico, *software* y diferentes actividades del sector servicios. De esta manera, la estructura de la cadena de valor para la industria eólica se presenta en la Figura 48.

Figura 48: Estructura de la cadena de valor de la energía eólica



Fuente: Elaboración propia con el apoyo de Gabinete Productivo (s.f.) República de Uruguay.

Como muestra la Figura anterior, son diferentes los sectores industriales que podrían desarrollar y/o fortalecer la cadena de valor del sector eólico en México, muchos de los cuales ya cuentan con una gran tradición en México y que han tenido un papel preponderante dentro del sector industrial mexicano, tal es el caso de la metalurgia, la electrónica y la mecánica, y que por lo tanto, podrían apoyar de manera importante en el

ensamblado y el desarrollo de diferentes componentes principales del aerogenerador. Pero también es posible que con las capacidades tecnológicas desarrolladas en otras industrias sea posible diseñar y desarrollar los álabes (aunque hay que destacar que actualmente la empresa "Tpi", maquila álabes en México) y góndolas mediante la industria de plásticos (carbono) y fibra de vidrio que también se encuentra presente de manera importante en nuestro país.

En lo que se refiere a la fabricación de las torres hay que destacar que la industria metalúrgica ha tenido un papel importante ya que la mayor parte de las torres instaladas en los proyectos eólicos de México se han maquilado en territorio nacional, principalmente por la empresa estadounidense Trinity Industries, pero hay que destacar que otra área de oportunidad y que no ha sido explotada en México son las torres de hormigón, torres que podrían ser desarrolladas en al considerar que México cuentan una fuerte industria cementera.

Otro sector de suma importancia es el del *software*, que es necesario tanto para la comunicación remota de los equipos como para la información que se extrae de cada aerogenerador y del parque eólico en su conjunto (para monitorear su funcionamiento). Así también la industria ligada hacia el sector eléctrico, tanto en componentes menores como equipos que se requieren para el desarrollo de los proyectos y su posterior funcionamiento, estos dos sectores mencionados también tienen una presencia importante en México, no sólo de empresas extranjeras sino que también existen empresas nacionales.

Por otra parte hay que resaltar que México cuenta con una industria de la construcción consolidada, y que resulta fundamental para la realización de las diferentes obras de infraestructura (desde la adecuación de caminos hasta la erección de una turbina), y a la par con los diferentes servicios desde la logística, hasta la evaluación de los recursos eólicos, factibilidad del proyecto, gestión de recursos etc.

Con lo anterior, se busca destacar que la industria eólica de gran potencia involucra un gran número de sectores y actividades industriales y de servicios, de las cuales gran parte de ellas se encuentran presente es nuestro país, con mayor o menor fuerza, sin embargo lo importante es que aquellos sectores fuertes y con larga historia en nuestro país logren re-direccionar sus actividades y capacidades tecnológicas para aprovechar las oportunidades que este nuevo sector ofrece y generar un mayor beneficio al interior del

país.

En la cadena de valor para el sector eólico en México, si bien son importantes aquellas grandes empresas mexicanas y en México pertenecientes a los sectores industriales prioritarios, también se puede apoyar de un gran número de pequeñas empresas tanto del sector manufacturero como de servicios, lo importante es reducir la dependencia que existe hacia el exterior, y que en la mayoría de las ocasiones no genera grandes beneficios (o no son distribuidos al interior del país). Según los requerimientos del sector y del contexto industrial mexicano muchos de los componentes que aún se importan podrían ser producidos en México así como el ensamblado de la maquinaria y diversos servicios relacionados al desarrollo de los proyectos. Pero para que esto sea posible es necesario, sin lugar a dudas la implementación de diferentes políticas públicas multidisciplinarias y el interés por parte de los sectores industriales (y las empresas que los conforman) para desarrollar capacidades tecnológicas o re-direccionar sus aprendizajes, experiencias y capacidades para este nuevo sector. Lo anterior requiere además de una buena articulación de todas las empresas y diversas organizaciones que deseen incrustarse en la cadena de valor.

Después de esta reflexión en el siguiente apartado se presenta el análisis de capacidades tecnológicas realizado justamente para el sector productivo y de servicios, es decir las empresas estudiadas como casos de estudio.

5.2 Análisis de capacidades tecnológicas las Empresas

Son 6 organizaciones (casos de estudio) a analizar en el presente Capítulo, las cuales se dividen en dos grupos, la primera de ellas corresponde a empresas desarrolladoras, operadoras y de mantenimiento. El segundo grupo corresponde a empresas prestadoras de servicios y/o proveedoras de componentes. Dichas organizaciones analizadas se presentan en el Cuadro 31, en donde se dividen en los dos grupos anteriormente descritos presentando una breve descripción de cada organización. Es necesario subrayar que los casos estudiados forman parte de la cadena correspondiente a los proyectos eólicos y no sólo a las empresas desarrolladoras de tecnología.

Cuadro 42: Estudios de Caso: las empresas

<i>Número</i>	<i>Nombre</i>	<i>Breve descripción de la organización</i>
Desarrolladores y Operación & Mantenimiento		
1	Eléctrica del Valle de México, S. de R.L. de C.V. “Parque Eólico La Mata – La Ventosa”	Subsidiaria de Électricité de France (EDF) dedicada a la generación y distribución eléctrica. Desarrolla y opera el parque eólico para autoabastecimiento "La Mata-La Ventosa" con una capacidad instalada de 67.5 MW en el Istmo de Tehuantepec.
2	Comisión Federal de Electricidad (CFE) “Parque Eólico La Venta I y II”	Empresa paraestatal, encargada de controlar, generar, transmitir y comercializar energía eléctrica en todo el territorio mexicano. Propietaria y operadora de los parques eólicos “La Venta I y II” (ambos suman 84.9 MW instalados), los cuales fueron los primeros parque eólicos en operar en México, ambos fueron construidos y operan bajo el esquema de Obra Pública Financiada.
3	Acciona Energía “Parques eólicos Eurus y Oaxacas”	Empresa privada de origen español que tiene integrada toda la cadena de valor para proyectos eólicos. En México ha desarrollado cuatro parques eólicos que totalizan 556 MW (al 2014). En los parques Oaxacas, son propietarios y operan bajo la modalidad de PIE, y los parques Eurus son los desarrolladores y actualmente operadores de los proyectos mediante la modalidad de autoabastecimiento para la empresa Cemex.
Servicios y componentes		
4	CISA Energía	Empresa de origen mexicano que provee servicios de promoción, diseño, construcción, operación y mantenimiento para proyectos de energía eólica. Sus servicios van desde la obtención de permisos hasta el mantenimiento preventivo y correctivo, desde las evaluaciones preliminares hasta la puesta en marcha del proyecto. Han participado en seis parques que actualmente se encuentran en operación.
5	ESEASA construcciones S.A. de C.V.	Empresa mexicana, que brinda servicios de renta de grúas industriales, ejecución y maniobras especializadas, ejecución de proyectos y transporte pesado especializado.
6	Trinity Industries	Empresa de origen estadounidense que participa en el desarrollo, diseño y fabricación de una gran variedad de productos industriales, para el sector eólico principalmente torres y otros componentes.

Es claro que las organizaciones analizadas tienen actividades, funciones y origen diferentes, por tal motivo no se pretende hacer una generalización en torno al nivel, tipo y origen de las capacidades tecnológicas de las empresas que participan en el sector eólico en México, sin embargo se intenta encontrar evidencia del sector.

Hay que puntualizar que las empresas que desarrollan y operan parques eólicos de gran potencia en México como CFE, Eléctrica del Valle y Acciona representa cerca del 30% de la capacidad instalada existente en México (hasta el 2014) y de los que diseñan y desarrollan los parques eólicos como CISA Energía, con base a sus servicios prestados a los diferentes parques eólicos, representa cerca del 13% de la capacidad instalada. Más adelante en cada caso se presenta a detalle la capacidad instalada y las actividades de cada una de las empresas.

A continuación se presenta el análisis para ambos grupos de organizaciones, en donde primero se realiza un análisis individual para después lograr un análisis agregado por cada grupo.

5.2.1 Eléctrica del Valle de México, S. de R.L. de C.V. “Parque Eólico La Mata – La Ventosa”

El Parque eólico La Mata – La Ventosa⁷⁹ inicia operaciones en abril de 2010, se encuentra localizado entre los poblados de La Mata y La Ventosa en Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Es un parque eólico desarrollado y operado por el consorcio Eléctrica del Valle de México (subsidiaria de Électricité de France “EDF-EN”) y el propietario es la empresa Walmart de México (propietario autoabastecedor). El parque eólico es un proyecto privado de autoabastecimiento de energía eléctrica que cuenta con una capacidad instalada de 67.5 MW. Mediante la cual tiene una producción anual estimada de 168 GW/h (para el equivalente de 2,500 horas/año a plena carga).

Actividades realizadas para el sector eólico:

Producción de energía eléctrica para autoabastecimiento al sector privado y operación y mantenimiento del parque. Es un productor de gran potencia, por lo cual, a continuación se presentan los datos generales de los aerogeneradores.

Datos generales de las turbinas utilizadas

- Número de turbinas instaladas: 27 turbinas

⁷⁹ La información aquí presentada, es resultado de la entrevista realizada al Ing. Guillermo Cacho López (Gerente de Operación y Mantenimiento de la Central Eoloeléctrica) el día 24 de octubre de 2013.

- Tipo de turbinas: Clipper Liberty C89 (Potencia 2.5 MW, diámetro 89 m)
- País de origen: Estados Unidos de Norteamérica

Dentro de la información más importante referida en la entrevista se mencionan los siguientes aspectos:

- Son utilizados algunos componentes nacionales menores, como tornillos, aceites, lubricantes etc. (esto a partir del año 2013 ya que ha terminado el periodo de garantía con los fabricantes con este tipo de componentes).
- La tecnología no es la adecuada para los regímenes de viento de la región (esto genera un problema de ineficiencia y desgaste prematuro de los equipos), este problema se conocía, pero al momento del desarrollo del proyecto no existía una tecnología adecuada en el mercado mexicano (hoy se están desarrollando tecnologías más adecuadas), lo cual implica que no se haya podido aprovechar de manera eficaz el potencial existente.
- Para cerrar la brecha tecnológica en el sector eólico es necesario desarrollar acuerdos de vinculación Universidad-Empresa para brindar soluciones tecnológicas a los actuales proyectos e impulsar a su vez una industria local con el conocimiento existente en el país.
- Las turbinas utilizadas en este parque eólico presenta grandes problemas técnicos (mayores problemas en comparación con las otras tecnologías utilizadas en el país), problemas que podrían, hasta cierto punto, ser resueltos por los expertos nacionales (ingenieros) sin embargo, esto no sucede (el principal problema es el aparato burocrático de las instituciones de educación e investigación públicas mexicanas y las empresas desarrolladoras de tecnología).
- La tecnología fue conocida de una manera adecuada (principalmente sus problemáticas) por parte de los operarios una vez que fue utilizada en sitio.
- En primera instancia los operarios y residente del parque fueron capacitados en el país de origen de la tecnología (USA), sin embargo actualmente el personal de operación y mantenimiento es capacitado en la zona y pertenecen a la propia región.

Respecto al personal operativo

Se destaca que todo el personal (empleados fijos) son originarios de la misma región (La Mata, La Ventosa y Juchitán). La plantilla se conforma de 18 personas (17 ingenieros con

estudios a nivel licenciatura y 1 técnico con estudios a nivel medio superior).

Actividades centradas en la construcción de capacidades tecnológicas

A continuación se presentan las principales actividades realizadas por la empresa Eléctrica del Valle de México a partir de la matriz adaptada de Bell y Pavitt (1995) para caracterización de capacidades tecnológicas del sector eólico en México.

Cuadro 43: Actividades de Eléctrica del Valle de México en la matriz de capacidades tecnológicas

Nivel	Actividades Primarias				Actividades de Soporte y vinculación	
	Inversión		Producción		(5) Desarrollo de vínculos	(6) Modificación de equipo
	(1) Toma de decisiones y control	(2) Preparación y ejecución del proyecto	(3) Procesos y organización de la producción	(4) Centrada en el producto		
Capacidades tecnológicas (capacidades para generar y administrar el cambio técnico)						
Básicas (A)	A1.1. Monitoreo activo y control de: A1.1.a. Búsqueda y compra (licenciamientos) de la tecnología a implementarse A1.1.b. Programación de actividades para el desarrollo del proyecto A1.2.	A2.1. Estudios de pre-factibilidad y factibilidad del proyecto A2.2. Obtención/licenciamiento de los aerogeneradores y los componentes A2.3. supervisión de la ingeniería básica A2.4.	A3.1. Puesta en marcha y operación & mantenimiento A3.2. A3.3. A3.4. Mantenimiento correctivo	A4.1. Adecuaciones técnicas para aumento de eficiencia en las condiciones locales A4.2.	A.5.1. Socialización de información con proveedores tecnológicos y operarios A.5.2. Capacitación de operarios en territorio nacional en colaboración con otras organizaciones A5.3.	A.6.1 Adaptaciones menores sólo con autorización del proveedor tecnológico A6.2.
Intermedias (B)	B1.1. B1.2. Negociación tecnológica con proveedores B1.3. Administración del proyecto eólico completo B1.4.	B2.1. B2.2. Gestión en la adquisición del equipo B2.3. B2.4. Operación y mantenimiento del proyecto completo B2.5. Reclutamiento de personal operario (de la región) B2.6.	B3.1. Mejora en procesos de mantenimiento de turbinas B3.2. Licenciamiento de nuevas componentes B3.3. B3.4.	B4.1. B4.2. B4.3.	B5.1. B5.2. B5.3. B5.4.	B6.1. Adaptaciones simples de manera colaborativa con el proveedor tecnológico B6.2.
Avanzadas (C)	C1.1. C1.2.	C2.1. C2.2.	C3.1. C3.2. C3.3. C3.4.	C4.1. C4.2.	C5.1. C5.2. Procesos de vinculación (uni-emp) con el fin de socializar conocimiento en la operación de parques bajo los regímenes de viento existentes	C6.1. C6.2.

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas e información recabada de la empresa (2013).

La empresa Eléctrica del Valle de México, desarrolladora y operaria del Parque Eólico La Mata-La Ventosa, a pesar de sus pocos años de vida ha logrado desarrollar importantes capacidades tecnológicas en las diferentes funciones técnicas, las cuales se presentan a continuación:

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de inversión

Las capacidades tecnológicas en las funciones técnicas de inversión, se centran únicamente en los niveles básicos e intermedios, en las capacidades de la función de toma de decisión y control a nivel básico se encuentran actividades referentes al monitoreo y control activo para la búsqueda y licenciamiento (compra) de la tecnología así como la programación de las diferentes actividades para el desarrollo completo del parque eólico. En las capacidades intermedias se encuentran las negociaciones necesarias con los proveedores tecnológicos (los desarrolladores tecnológicos), así como la administración del proyecto completo tanto en su construcción como con la operación y mantenimiento del mismo.

En torno a la preparación y ejecución del proyecto se cuenta con capacidades básicas en los estudios de pre-factibilidad y factibilidad del proyecto, así como en la obtención y licenciamiento de los aerogeneradores y componentes, además de la supervisión de la ingeniería básica y la ejecución del proyecto.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de producción

Respecto a los procesos de organización de la producción se cuenta con capacidades básica e intermedias, en las primeras se encuentran actividades tales como la puesta en marcha del proyectos así como su operación y mantenimiento, mediante esta actividad hay actividades de mantenimiento correctivo. En el nivel intermedio se cuentan con capacidades en la mejora de los procesos de mantenimiento así como el licenciamiento de nuevos componentes (componentes menores). Finalmente en la función referente a la centrada en el producto, se refieren sólo capacidades básicas derivadas de las adecuaciones técnicas para aumentar la eficiencia de las tecnologías a partir de los requerimientos a las condiciones físicas locales.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de soporte (vinculación)

Las capacidades para la función de desarrollo de vínculos se encuentran presentes en

dos niveles (básico y avanzado), en el nivel básico se encuentran actividades de socialización de información con proveedores tecnológicos y operarios, además de la capacitación de operarios en territorio nacional con la colaboración de organizaciones locales (Universidades y Centros de I+D). En el nivel avanzado se encuentra la consolidación de procesos de vinculación (del tipo: universidad-empresa) con fines de socializar conocimientos y experiencias para mejorar los procesos de operación y mantenimiento así como la mejora de las tecnologías en operación y de los procesos (para el mantenimiento y la operación).

Para la función de modificación de equipo, en el nivel básico hay capacidades derivadas de las adaptaciones menores a los equipos, las cuales se realizan bajo autorización del proveedor. Y finalmente en el nivel intermedio las capacidades se derivan de las adaptaciones simples realizadas a las tecnologías de manera colaborativa con el proveedor tecnológico.

Consideraciones de áreas de oportunidad de la organización en el sector eólico:

- Desarrollo de componentes menores
- Soluciones técnicas dirigida hacia la fatiga de metales (componentes y equipos)
- Mejoramiento de las tarjetas electrónicas de las tecnologías
- Sistemas de programación de las turbinas más eficientes

Proyecciones a futuro como Organización en el tema eólico:

En el corto plazo la organización tienen planes para la instalación de 300 MW adicionales en la 2ª temporada abierta (en Oaxaca). Al 2014 EDF había desarrollado dos proyectos más, el parque eólico Bii Stinú con 164 MW y Eoliatic del Pacífico con 160 MW, todos los proyectos en el Estado de Oaxaca.

En el largo plazo la empresa pretende incursionar en proyectos de energías renovables (principalmente solares) en otras regiones del país.

Limitaciones para alcanzar objetivos:

- En la parte técnica el principal problema se centra en las insuficientes líneas de interconexión y transmisión a la red eléctrica donde se desarrollan los proyectos.
- Existen limitaciones de carácter social por cuestiones de territorio, propiedad de la

tierra, culturales e información asimétrica.

5.2.2 CFE, “Parque Eólico La Venta I y II”

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es una empresa del Estado, encargada de controlar, generar, transmitir y comercializar energía eléctrica en todo el territorio mexicano. Es la empresa eléctrica más grande de Latinoamérica y la pionera en México y América Latina en la explotación de la energía eoloeléctrica de gran potencia con el desarrollo de los primeros proyectos eólicos de México (Venta I y la Venta II). El Parque eólico La Venta I y La Venta II⁸⁰, se localizan en la comunidad de La Venta, municipio de Juchitán de Zaragoza, Oaxaca, son los únicos parques que se encuentran operando bajo el esquema de Obra Pública Financiada (OPF), son operados y desarrollados por la propia CFE.

El parque eólico La Venta I, fue el primer parque en su tipo en México (fue un parque piloto), inicio operaciones en noviembre de 1994 con tan sólo una capacidad instalada de 1.6 MW, con una producción de 3 GW/h. El parque eólico La Venta II, fue el primer parque eólico de gran potencia, inicio operaciones en diciembre de 2006 con una capacidad instalada de 83.3 MW, con una producción de 208 GW/h. En el momento de su inauguración, llegó a ser el parque eólico más grande de América Latina.

Actividades realizadas para el sector eólico:

Producción de energía eléctrica para el servicio público mexicano. Es un productor de gran potencia. A continuación se presentan los datos generales de los aerogeneradores utilizados en ambos parques.

Datos generales de las turbinas utilizadas en el parque eólico “La venta I”

- Número de turbinas instaladas: 7
- Tipo de turbinas: Vestas V27 (Potencia 0.225 MW, diámetro 27 m)
- País de origen: Dinamarca

⁸⁰ La información aquí presentada, es resultado de las entrevistas realizada al Ing. Gildardo Jiménez Ramos (Superintendente General de la Central Eoloeléctrica) y al Lic. Alexis Cruz Novelo (Supervisor Técnico I - Oficina de informática del parque) el día 25 de octubre de 2013.

Datos generales de las turbinas utilizadas en el parque eólico “La venta II”

- Número de turbinas instaladas: 98
- Tipo de turbinas: Gamesa G52 (Potencia 0.850 MW, diámetro 52 m)
- País de origen: España

Dentro de la información adicional referida más relevante podemos encontrar que:

- Considerando que la tecnología utilizada en la región no es la más adecuada (pero en su momento fue la que se encontraba disponible), esto implica que la vida útil de los aerogeneradores se disminuya principalmente por desgastes (la vida útil promedio en condiciones normales es de 20 años), en la región del Istmo se disminuye su vida en aproximadamente 60% (lo cual implica mayor mantenimiento para prolongar su vida útil).
- Existen un monitoreo constante en las migraciones de aves para evitar su colisión y conocer sus rutas migratorias para adecuar los parques eólicos. En este sentido, se plantea que lo importante es hacer cada vez más eficientes los equipos, ya que entre más grandes sean los aerogeneradores así como la colocación de éstos a una mayor altura, resultan ser más eficientes y existen menos colisiones de aves al girar los álabes más lentamente.
- La producción de energía eólica en México no es la más barata sin embargo se ha hecho cada vez más competitiva (se espera que cada vez sea más barata). Hay que considerar que la tarifa de energía para el consumidor no se diversifica por tipo de fuente de generación, ya que se suman los costos totales de cada fuente de energía y estas se promedian para llegar a un costo unitario, el cual varía en base a la región.
- Pese a que el parque no cuenta con independencia económica al pertenecer a una paraestatal, los números demuestran que el parque es rentable (esto al considerar que los ingresos, en base a las actuales tarifas de mercado, son mayores en comparación con los costos de operación y mantenimiento de otro tipo de centrales de generación de energía). Además, mediante esta tecnología es posible obtener ingresos adicionales por la venta de los bonos de carbono (1 millón de USD aproximadamente al año), ingreso que cabe aclarar llegan a las arcas de Hacienda Federal.
- CFE al ser punta de lanza en la explotación del recurso eólico en México, le ha

permitido acumular conocimientos (aprendizajes a partir de la experiencia) que ha permitido a las empresas fabricantes de equipos ir mejorando las nuevas tecnologías que se implementan en el país. Estas experiencias acumuladas han podido ser transmitidas por el personal ya consolidado hacia los nuevos elementos, considerando que hay una alta movilidad del personal en la región entre los parques eólicos.

- Hay que destacar las capacidades adquiridas en las diferentes áreas ingenieriles y de trabajo (como los operadores de las termoeléctricas) han podido ser redirigidas al sector eólico de manera satisfactoria.
- Gran parte de las capacidades acumuladas se han realizado gracias a procesos de reingeniería de los equipos en sitio, esto por el desgaste que sufren los aerogeneradores en la zona, dicha reingeniería se ha realizado en diversas piezas como amortiguadores y en sustituciones de algunos materiales como gomas. En este sentido, bajo los requerimientos del sector se considera que existe el suficiente capital humano calificado para fortalecer al sector, se considera que es posible que México cierre la brecha tecnológica, o por lo menos la disminuya.
- El impulso al aprovechamiento del recurso eólico en México surge como una oportunidad de diversificar la matriz energética, pero sobre todo, como una estrategia para cumplir con los compromisos internacionales de reducción de emisiones (y que se espera se pueda cumplir con la puesta en marcha de los objetivos y estrategias de la nueva Reforma Energética). Y actualmente, con la Reforma Energética, la CFE podría seguir participando en el desarrollo de nuevos proyectos.
- CFE al igual que la mayoría de las empresas que trabajan en el actual corredor eólico del Istmo han impulsado la creación de programas y campañas de apoyo a las comunidades cercanas con el fin de incrementar su calidad de vida. Por otra parte, hay que destacar que en este parque se realizan visitas guiadas para diversas instituciones educativas de la región (a todos los niveles) para que la comunidad conozca de primera mano como se aprovecha esta fuente de energía.

Respecto al personal operativo

Respecto al personal operativo hay que mencionar que la mayor parte del personal (empleados fijos) es de la misma región (La Mata, La Ventosa y Juchitán). La plantilla de

personal fijo se conforma de 28 personas (todos con estudios a nivel licenciatura) y 30 personas como personal temporal (principalmente técnicos dedicados a labores de mantenimiento).

Actividades centradas en la construcción de capacidades tecnológicas

A continuación se presentan las principales actividades realizadas por la CFE a partir de la matriz adaptada de Bell y Pavitt (1995) para el análisis de capacidades tecnológicas del sector eólico en México.

Cuadro 44: Actividades de la CFE en la matriz de capacidades

Nivel	Actividades Primarias				Actividades de Soporte y vinculación	
	Inversión		Producción		(5) Desarrollo de vínculos	(6) Modificación de equipo
	(1) Toma de decisiones y control	(2) Preparación y ejecución del proyecto	(3) Procesos y organización de la producción	(4) Centrada en el producto		
Capacidades tecnológicas (capacidades para generar y administrar el cambio técnico)						
Básicas (A)	A1.1. Monitoreo activo y control de: A1.1.a. Estudios de pre-factibilidad y factibilidad de los proyectos A1.1.b. Selección de tecnologías y componentes A1.1.c. Programación de actividades y gestión de recursos A1.2.	A2.1. Estudios de factibilidad y viabilidad A2.2. Obtención (licenciamiento) de equipos y componentes A2.3. Monitoreo de la ingeniería básica A2.4. Gestión y obtención de recursos financieros internacionales	A3.1. Puesta en marcha y operación de los proyectos A3.2. Mantenimiento de equipos (mantenimiento básico programado) A3.3. Adaptaciones correctivas A3.4.	A4.1. Mantenimiento correctivo para aumento de eficiencia A4.2.	A.5.1. Socialización de la información en el funcionamiento del equipo con los proveedores tecnológicos A.5.2. A.5.3.	A.6.1 Mantenimiento y adaptaciones menores bajo especificaciones del proveedor A6.2.
Intermedias (B)	B1.1. B1.2. B1.3. Administración y operación del proyecto completo B1.4.	B2.1. B2.2. B2.3. Estudios de valoración e impacto ambiental B2.4. Administración y seguimiento del proyecto completo B2.5. Reclutamiento de personal capacitado B2.6.	B3.1. Mejora de procesos de mantenimiento de equipo B3.2. B3.3. B3.4.	B4.1. B4.2. B4.3.	B5.1. B5.2. B5.3. Establecimiento de grupos de trabajo con otras organizaciones para la socialización de experiencias y conocimientos B5.4.	B6.1. B6.2. Adecuaciones técnicas colaborativas con los proveedores

Avanzadas (C)	C1.1. C1.2.	C2.1. C2.2.	C3.1. C3.2. C3.3. Capacitación de RH en sitio como personal operativo C3.4.	C4.1. C4.2.	C5.1. C5.2. Procesos de vinculación (uni-emp-gob) para el impulso a la investigación en el sector C5.3.	C6.1. C6.2.
---------------	----------------	----------------	---	----------------	---	----------------

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas e información recabada de la CFE (2013).

Sin lugar a dudas, los Parques Eólicos La Venta I y II, son un punto de referencia cuando se aborda el tema eólico en México, al ser los primeros parque eólicos de mediana y gran potencia en el país, en donde las experiencias adquiridas en el primero de ellos resultaron esenciales para hacer realidad el segundo parque, así como para los posteriores parques construidos. Dentro de sus actividades de operación y mantenimiento del equipo un elemento central han sido las reparaciones a los equipos (mantenimiento correctivo), lo cual, ha permitido la realización de adecuaciones menores a la tecnología, además de que la CFE es quien ha administrado el proyecto desde su construcción hasta su la operación de ambos parques (por lo cual ha logrado acumular una experiencia importante en la operación el mantenimiento de los parques eólicos en México). A continuación se presenta el nivel y tipo de capacidades de la organización:

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de inversión

Las capacidades tecnológicas en las funciones técnicas de inversión, se centran únicamente en los niveles básicos e intermedios, en las capacidades de la función de toma de decisión y control a nivel básico se encuentran actividades referentes al monitoreo y control activo para la búsqueda y adquisición de la tecnología así como la programación de las diferentes actividades para el desarrollo completo del proyecto y para la gestión de recursos. En las capacidades intermedias se encuentran las actividades de la administración del proyecto completo (supervisión de la construcción y en la operación & mantenimiento).

En la función de preparación y ejecución del proyecto en el nivel básico se cuenta con capacidades para los estudios de factibilidad y viabilidad del proyecto, así como en la obtención y licenciamiento de equipos y componentes, la ingeniería básica del proyecto, así como la gestión para la obtención de recursos financieros para el desarrollo del proyecto (gestión de recursos locales e internacionales). En el nivel intermedio hay

actividades para estudios de valoración e impacto ambiental, la gestión y seguimiento del proyecto, además del reclutamiento de personal capacitado.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de producción

Para la función de los procesos de organización de la producción se cuenta con capacidades en los tres niveles, en el básico hay actividades desde la puesta en marcha y operación del proyecto hasta el mantenimiento de equipos y adaptaciones correctivas (mantenimiento correctivo). A nivel intermedio se describe que existen mejoras en los procesos de mantenimiento y en el nivel avanzado capacitación del personal operario en sitio. Finalmente en la función de centrada en el producto se encuentra únicamente capacidades básicas derivadas del mantenimiento correctivo para aumentar la eficiencia de la tecnología.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de soporte (vinculación)

Las capacidades para la función de desarrollo de vínculos existen capacidades en los tres niveles, en la básica destaca la socialización de la información en el funcionamiento del equipo con los proveedores tecnológicos, en tanto en el nivel avanzado hay actividades en el establecimiento de grupos de trabajo con otras organizaciones para la socialización de experiencias derivadas de la operación de los parques. En tanto en el nivel avanzado, existen procesos de vinculación del tipo Universidad-Empresa-Gobierno para impulsar una mayor investigación el sector. Por último, en la función de modificación de equipo se encuentra capacidades en el nivel básico y avanzado, en la primera se describe que se realizan actividades de adaptaciones menores derivadas del mantenimiento, las cuales se realizan bajo especificaciones del desarrollador tecnológico. En el nivel intermedio se realizan adecuaciones técnicas colaborativas con los proveedores tecnológicos.

Consideraciones de áreas de oportunidad de la organización en el sector eólico:

- Fabricación de componentes
- Sistemas computacionales para el monitoreo del parque
- Diseño de álabes y otros componentes para regímenes de vientos altos (que eviten un mayor desgaste y/o aprovechen de mejor manera el viento)
- Nuevos materiales (por la fatiga de metales de los componentes y equipos)
- Sistemas electrónicos y componentes que resuelvan los huecos de tensión

Proyecciones a futuro como Organización en el tema eólico:

Dar soluciones técnicas a los huecos de tensión en los equipos para evitar su desgaste prematuro.

Limitaciones para alcanzar objetivos:

- En la parte técnica el principal problema se centra en las insuficientes líneas de interconexión y transmisión a la red eléctrica además de la falta de una sólida cadena de suministros para el sector.

5.2.3 Acciona Energía

Acciona Energía⁸¹ es una empresa de origen español, especialista en el sector de las energías renovables a nivel global, trabaja con presencia destacada en cinco de ellas, a decir: eólica, termosolar, fotovoltaica, hidráulica y biomasa. Algo importante a destacar es que para el sector eólico la empresa se encuentra presente en toda la cadena de valor, es decir, desde el desarrollo e ingeniería de proyectos; construcción y fabricación de aerogeneradores; en la explotación y mantenimiento de instalaciones; gestión y venta de energía. Cuenta con la experiencia de más de 20 años y con la presencia en 20 países (como desarrolladores, operadores y licenciamiento de tecnología).

Actividades realizadas para el sector eólico en México:

La empresa en México ha focalizado su actividad principalmente en la división Eólica (y recientemente en la solar), donde se posiciona como uno de los mayores promotores y operadores eólicos con el diseño y producción de aerogeneradores de tecnología propia, fabricados por la filial Acciona *Windpower* quien se encarga del desarrollo tecnológico y de la fabricación de los diferentes componentes y equipos (desarrollados en su casa matriz de España y filiales de otros países).

Al 2014 Acciona Energía tenía instalados en México cuatro parques eólicos que totalizan 556 MW y una inversión aproximada de 1,200 millones de dólares. A través de estos desarrollos eólicos se genera energía eléctrica limpia, equivalente al consumo de un

⁸¹ Información recabada en la exposición *Mexico WindPower*, 2014, realizada los días 26 y 27 de febrero en el centro Banamex de la Ciudad de México.

millón de habitantes, con el cual se evitan anualmente la emisión de un millón de toneladas de CO₂ a la atmósfera. La Empresa es líder en México con una cuota superior al 20% de la potencia eólica del país (de la capacidad instalada al año 2014), lo cual representa una referencia para México en el desarrollo de esta tecnología. A nivel global, México se configura como tercer país en implantación eólica por parte de Acciona, sólo precedido por España y Estados Unidos de Norteamérica. Más del 50% de los desarrollos eólicos de toda la Empresa en 2011 se materializaron en México (con el desarrollo de los cuatro parques antes mencionados).

Con la construcción de los cuatros desarrollos eólicos en México, la empresa ha logrado generar aproximadamente 3,000 empleos (directos e indirectos, previo, durante y después del desarrollo de los proyectos), al tiempo de contribuir con un amplio número de iniciativas sociales que benefician a las comunidades locales (vecinas a los parques), lo cual se apega a los cuatros ejes estratégicos de acción comunitaria: derechos básicos, servicios básicos, promoción de la sostenibilidad y voluntariado corporativo.

Proyectos realizados:

- Parque Eólico Eurus fase I y fase II

Cuenta con una capacidad de producción suficiente para cubrir el 25% de las necesidades energéticas de las plantas cementeras propiedad de la empresa mexicana CEMEX, quien es el propietario.

- ✓ Inicio de construcción: 2007, e inicio operaciones: 2009 y 2010 (respectivamente según la fase).
- ✓ Generación: 250.5 MW
- ✓ Número de turbinas instaladas: 167 de 1.5 MW c/u.
- ✓ Ubicación: La Venta, Oaxaca, México.
- ✓ Tipo de contrato: Autoabastecimiento.
- ✓ Reduce el equivalente a 600 mil toneladas de dióxido de carbono por año.

- Complejo Eólico Oaxacas (Parques eólicos Oaxaca II, III y IV)

En conjunto es el complejo eólico más grande de México, está constituido por 204 aerogeneradores que fueron instalados en un tiempo record de 204 días, es decir un

aerogenerador por día.

- ✓ Inicio de construcción: 2011, e inicio operaciones: 2012
- ✓ Generación: 306 MW
- ✓ Número de turbinas instaladas: 204 de 1.5 MW c/u
- ✓ Ubicación: Oaxaca II y parte de Oaxaca IV en Sto. Domingo Ingenio y Oaxaca III y la otra parte de Oaxaca IV en La Venta, Oaxaca, México.
- ✓ Tipo de contrato: Productor Independiente de Energía (PIE).
- ✓ Reduce el equivalente a 750 mil toneladas de dióxido de carbono por año.

Dentro de la información adicional referida en la entrevista más relevante podemos encontrar que:

- En México se realiza toda la ingeniería y diseño del proyecto, principalmente en la ingeniería civil de los parques eólicos (para sus actuales parques eólicos instalados).
- Los aerogeneradores se fabrican en Estados Unidos de Norteamérica, Brasil y en la matriz España, en este último es donde se encuentra el centro de I+D y diseño de aerogeneradores de la empresa.
- Un aspecto importante en la solución de problemas técnicos en los parques eólicos (tanto en la construcción como en la O&M) ha sido la ingeniería mexicana, ya que personal especializado de México ha aportado conocimientos para las adecuaciones técnicas de algunas tecnologías (pero que se realizan en el extranjero).
- Gran parte del personal que opera los parques eólicos pertenecen a la misma región (Istmo de Tehuantepec).
- Existe un acuerdo de vinculación con la UNISTMO para el diseño de tecnologías eólicas de pequeña potencia y aprovechamiento de energía solar para poder ser implementadas en diversas comunidades pobres y alejadas de la región y de México.
- También existen vínculos de colaboración con el IIE para el desarrollo tecnológico en México.
- En México la empresa cuenta con el Centro de Monitoreo para Aerogeneradores (que es operado mayoritariamente por personal mexicano), quien a su vez es monitoreado por el Centro de Control General de Energías Renovables (ubicado

en España), y en donde se monitorean todos los parques eólicos que la empresa tiene en el Mundo.

Actividades centradas en la construcción de capacidades tecnológicas

A continuación se presentan las principales actividades realizadas por la empresa Acciona Energía a partir de la matriz adaptada de Bell y Pavitt (1995) para el análisis de capacidades tecnológicas.

Cuadro 45: Actividades de Acciona Energía en la matriz de capacidades tecnológicas

Nivel	Actividades Primarias				Actividades de Soporte y vinculación	
	Inversión		Producción		(5) Desarrollo de vínculos	(6) Modificación de equipo
	(1) Toma de decisiones y control	(2) Preparación y ejecución del proyecto	(3) Procesos y organización de la producción	(4) Centrada en el producto		
Capacidades tecnológicas (capacidades para generar y administrar el cambio técnico)						
Básicas (A)	A1.1. Colabora en toda la cadena de valor: A1.1.a. Licitaciones, análisis de factibilidad A1.1.b. Selección y prueba de tecnología (tecnología propia) A1.1.c. A1.2. Diseño del proyecto y gestión de permisos necesarios	A2.1. A2.2. Fabricación de equipos en el extranjero (tecnología propia desarrollada en el exterior) A2.3. Diseño del parque A2.4. Obra civil del parque	A3.1. Operación del parque y generación de energía A3.2. Mantenimiento de instalaciones y equipos (aerogeneradores) A3.3. A3.4. Venta de energía a clientes (Cemex y CFE)	A4.1. Adecuaciones al sistema de frenado para un menor desgaste del aerogenerador A4.2. Mejoras tecnológicas se realizan en España y México aporta información para la ingeniería de diseño	A5.1. A5.2. Capacitación RH en la matriz (España) A5.3. Capacitación de operadores en territorio nacional en sitio y en otras organizaciones locales (UNISTMO, CERTE, etc.)	A6.1. A6.2.

Intermedias (B)	<p>B1.1. Selección de los mejores componentes para la tecnología de la empresa</p> <p>B1.2.</p> <p>B1.3. Se opera y mantienen los proyectos completos tanto en el caso de PIE como en autoabastecimiento</p> <p>B1.4. En el caso de autoabastecimiento únicamente se administra y opera la energía del propietario</p>	<p>B2.1. Administración de la ingeniería civil</p> <p>B2.2. Fabricación de equipo propio (en España)</p> <p>B2.3. Estudios de valoración ambiental (con normas nacionales e internacionales)</p> <p>B2.4. Administración del proyecto a lo largo de su vida útil</p> <p>B2.5. La Capacitación y reclutamiento de personal se da principalmente localmente</p> <p>B2.6.</p>	<p>B3.1. La mejora tecnológica se realiza en la casa matriz o subsidiarias en el exterior (adecuaciones técnicas)</p> <p>B3.2.</p> <p>B3.3.</p> <p>B3.4. La información recabada en sitio apoya a la mejora tecnológica que se realiza en la matriz (la filial Acciona <i>WindPower</i>).</p>	<p>B4.1.</p> <p>B4.2. El Diseño de nuevos componentes y equipos se realiza en el centro de I+D de España (Acciona <i>WindPower</i>)</p> <p>B4.3. Algunos de los componentes y equipos se maquilan en filiales de USA y Brasil.</p>	<p>B5.1. La vinculación tecnológica local es principalmente para el desarrollo de tecnologías de pequeña potencia (eólica y solar)</p> <p>B5.2.</p> <p>B5.3. Se han formalizado grupos de trabajo con instituciones de educación de la región donde operan los parques, principalmente para la formación de RH</p> <p>B5.4.</p>	<p>B6.1.</p> <p>B6.2. Existe un proyecto de colaboración tecnológica con la UNISTMO para el diseño de tecnologías de pequeña potencia con el fin de brindar servicio eléctrico a regiones alejadas (como parte de sus compromisos sociales con la región)</p>
Avanzadas (C)	<p>C1.1. El Desarrollo de nuevos productos y componentes sólo se realizan en la casa matriz</p> <p>C1.2. Únicamente componentes menores son adquiridos en territorio nacional</p>	<p>C2.1. Los procesos de diseño y de I+D se realizan en el centro de I+D de España</p> <p>C2.2.</p>	<p>C3.1.</p> <p>C3.2.</p> <p>C3.3. Formación de RH altamente capacitados en base a su experiencia</p> <p>C3.4. Hay un monitoreo activo del funcionamiento de la tecnología desde las oficinas centrales del D.F (Centro de Monitoreo para Aerogeneradores).</p>	<p>C4.1.</p> <p>C4.2. Para las actividades de I+D y mejora de productos la información recabada por la O&M de los parques en México ha sido muy importante</p>	<p>C5.1. Colaboración para el diseño y desarrollo de tecnología de pequeña potencia</p> <p>C5.2. El proceso de vinculación ha sido principalmente con Universidades y centros de I+D</p> <p>C5.3. Se encuentra conectada al Centro de Control General de Energías Renovables de la matriz</p>	<p>C6.1.</p> <p>C6.2.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas e información recabada sobre la empresa (2014).

La empresa Acciona, resulta ser una empresa de gran relevancia para México en el sector eólico, considerando que es una de la empresas que cuenta con una importante capacidad instalada con tecnologías propias, sin embargo es necesario subrayar que gran parte de las capacidades tecnológicas de innovación más importantes no se desarrollan en territorio nacional (es decir mayoritariamente se construyen externamente en la casa matriz y centro de I+D de la empresa), es decir aquellas capacidad relacionadas al desarrollo tecnológico y que mayor valor agregado e intelectual. Para el caso particular

de ésta empresa sus capacidades tecnológicas más importantes se desarrollan en su país de origen (España) en donde cuenta con su centro de I+D, sin dejar de lado que la fabricación de las tecnologías también se realizan en el exterior (casa matriz o filiales). Sin embargo hay que destacar que ha puesto importante interés en temas de vinculación con otras entidades para proyectos tecnológicos (solares y eólicos) de pequeña potencia para ser explotados de manera local. Además de las capacidades que ha aportado a la capacitación y reclutamiento de recursos humanos nacionales y gran parte de ellos propios de las zonas donde se encuentran operando actualmente los parques eólicos de gran potencia. El nivel de capacidades y tipo de capacidades tecnológicas se describen a continuación:

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de inversión

Por el tipo de organización, las funciones técnicas de inversión se ubican en los tres niveles, considerando que gran parte de sus capacidades son desarrolladas en su país de origen. En la toma de decisión y control destaca que al encontrarse presente en toda la cadena de valor de los proyectos eólicos hay actividades desde análisis de factibilidad, el diseño y gestión de los permisos necesarios para los proyectos hasta la selección de componentes y prueba de tecnología. A nivel intermedio hay capacidades derivadas de la selección de componentes hasta el desarrollo del proyecto completo (obra civil y tecnología). En el nivel avanzado destaca el hecho de que son desarrolladores tecnológicos (principalmente en su casa matriz de España).

Para la función de preparación y ejecución del proyecto, en el nivel básico destacan las actividades de diseño y fabricación de sus equipos (tecnología propia), así como el diseño general del parque. A nivel intermedio las capacidades se centran desde la propia administración de la ingeniería civil y realización de los estudios necesarios hasta la gestión del proyecto a lo largo de su vida útil y por supuesto en el desarrollo de la tecnología. Y finalmente, en el nivel avanzado hay capacidades tecnológicas derivadas de los procesos de diseño y de I+D realizada en la casa matriz.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de producción

Para la función de los procesos de organización de la producción se cuenta con capacidades en los tres niveles, en el básico hay capacidades derivadas de sus propias actividades operación del proyecto y generación de energía, así como en la instalación y

mantenimiento de la tecnología y hasta la venta de energía a sus clientes. En el nivel intermedio hay capacidades derivadas de la mejora tecnológica la cual se realiza en sus centros de desarrollo tecnológico pero ésta es enriquecida por la información recabada de la operación y mantenimiento de los parques en México. En el nivel avanzado destaca el monitoreo activo que se hace del funcionamiento de las turbinas mediante su centro de control, además de la formación del personal operativo el cual se encuentra altamente capacitado a partir de la experiencia previas como de la experiencia adquirida en México.

Respecto a la función de centrada en el producto, se encuentran capacidades en los tres niveles, en el nivel básico se ubican las mejoras realizadas a las tecnologías, las cuales han sido enriquecidas por los conocimientos de los expertos mexicanos. En el nivel intermedio destacan las actividades de diseño e I+D de nuevos componentes y equipos (que se realizan en España) y la maquila de los mismos en sus filiales de Brasil y de Estados Unidos de Norteamérica. En tanto que en el nivel avanzado destacan las mejoras realizadas a las tecnologías a partir de las funciones de operación y mantenimiento de los parques eólicos en México, las cuales dadas las condiciones de vientos, éstas han sido muy importantes para las mejoras tecnológicas y diseño de nuevos equipos.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de soporte (vinculación)

Para la función de desarrollo de vínculos existen capacidades en los tres niveles, en la básica destaca que la empresa ha logrado acuerdos con organizaciones mexicanas para la capacitación de los operadores de los parques, personas que en su mayoría son de la propia región (Istmo de Tehuantepec). En el nivel intermedio, destaca que la empresa tiene especial interés para trabajar en conjunto con otras organizaciones para el diseño y desarrollo de tecnologías de pequeña potencia, en tanto que en el nivel avanzado se han consolidado diversos acuerdos con organizaciones de la región para actividades de desarrollo tecnológico y de capacitación de personal.

Por último, en la función de modificación de equipo se encuentran capacidades únicamente en el nivel intermedio al realizar acuerdos de colaboración con la UNISTMO para el desarrollo de tecnologías de pequeña potencia que sean utilizadas en regiones alejadas del país y que no cuenta con el servicio eléctrico, en la cual se sustenta en los procesos de ingeniería de reversa que realiza actualmente la UNISTMO mediante su Instituto de Energía.

Finalmente hay subrayar la mayor parte de sus capacidades tecnológicas innovativas avanzadas y las más importantes son desarrolladas en el exterior, las cuales no son transferidas a México, pese a que en nuestro país se ha proporcionado gran parte de la información para que la empresa pueda seguir mejorando sus tecnologías, de las capacidades locales generadas por la empresa son únicamente las derivadas de las propias actividades de operación y mantenimiento de los parques.

Proyecciones a futuro como Organización en el tema eólico:

Dentro de los proyectos en puerta se planea construir un parque eólico en Monterrey, y uno más en Oaxaca, así como un parque de energía solar de gran potencia en Oaxaca.

Ahora como se realizó con el primer bloque de organizaciones correspondiente a Universidades y Centro de I+D (presentadas en el Capítulo 4), a continuación se hace un análisis integrado para este segundo bloque de empresas que corresponde a desarrolladoras y/o operadoras de proyectos eólicos.

5.2.4 Capacidades centradas en empresas desarrolladoras y/u operadoras

Nadie puede negar el papel relevante que juegan las empresas privadas en el crecimiento económico de los países, ya que éstas son necesarias en la generación de bienes y servicios que se brindan a la sociedad en general. Su relevancia radica en todos los niveles tanto en aspectos meramente económicos como en aspectos sociales, sanitarios, ecológicos, educativos, etc., ya que a lo largo de la historia gran parte de las empresas han sido semilleros de cambios tecnológicos e innovaciones de gran importancia para la humanidad.

Es así que se reconoce que las empresas resultan centrales en cualquier sistema económico, mediante el desarrollo de sus actividades productivas, éstas toman decisiones relevantes tales como: qué y cuánto producir, qué técnicas utilizar, cómo organizar el manejo de la empresa o cuánto de cada factor de producción emplear y cómo emplearlos. En este sentido, en ellas se centra gran parte de los procesos de innovación, tomando en cuenta los objetivos de incrementar su productividad con el fin de ser competitivos en los actuales mercados, los cuales resultan ser cada vez más competitivos y complejos.

En el desarrollo de las energías renovables, y en el caso particular de la energía eólica, las empresas juegan un papel relevante dentro de los procesos de explotación y exploración de esta fuente de energía y, por lo tanto, dentro de los sistemas de I+D para crear tecnologías cada vez más eficientes y más adecuadas a los diferentes regímenes de viento, así como la presentación de servicios cada vez más integrales a partir de la construcción de mayores y mejores aprendizajes y capacidades tecnológicas. En el caso particular de México, las empresas que han participado en el naciente mercado eólico mexicano no han sido la excepción, por tal motivo a continuación se hace un análisis general de las capacidades tecnológicas de innovación que las empresas (en este caso desarrolladores y operadores de parques eólicos) anteriormente analizadas han logrado construir.

El objetivo del siguiente análisis integral de las empresas desarrolladoras y operadoras es buscar aspectos comunes en el tipo y nivel de capacidades tecnológicas construidas, haciendo énfasis en los aspectos más relevantes y frecuentes para las organizaciones previamente abordadas.

Cuadro 46: Matriz integrada de las actividades tecnológicas de innovación para empresas desarrolladoras y operadoras

Nivel	Actividades Primarias				Actividades de Soporte	
	Inversión		Producción		Desarrollo de vínculos	Modificación de equipo
	Toma de decisiones y control	Preparación y ejecución del proyecto	Procesos y organización de la producción	Centrada en el producto		
Capacidades tecnológicas (capacidades para generar y administrar el cambio técnico)						
Básicas	-Búsqueda de tecnología a nivel internacional -Programación de actividades para el desarrollo de proyectos -Mapeo de tecnologías y componentes -Programación de actividades y gestión de recursos -Uso de tecnologías propias (Acciona)	-Estudios de pre-factibilidad y factibilidad de proyectos -Licenciamiento de la tecnología -Supervisión de Ingeniería básica -Gestión de permisos y de recursos financieros nacionales e internacionales	-Puesta en marcha y operación & mantenimiento -Mantenimiento correctivo -Adaptaciones correctivas en campo -Mantenimiento e instalación de equipos	-Adecuaciones a la tecnología en base a las condiciones físicas locales (sistemas de frenado de aerogeneradores) -Mantenimiento correctivo (mejoras tecnológicas menores)	-Socialización de información por mantenimientos con los desarrolladores tecnológicos -Capacitación de personal en territorio nacional	-Adaptación menores bajo especificaciones del desarrollador tecnológico (mejoras tecnológicas menores)

Intermedias	-Negociación tecnológica con proveedores -Administración y construcción de proyectos -Operación y mantenimientos del proyecto eólico completo	-Adquisición de la tecnología -Reclutamiento del personal en la región -Reclutamiento de personal administrativo y operario capacitado	-Mejora de procedimientos para la operación y mantenimiento -Licenciamiento de componentes menores en territorio nacional		-Establecimiento de grupos de trabajo con otras organizaciones para la socialización de conocimientos y experiencias	-Adaptaciones simples mediante los requerimientos en la operación y mantenimiento -Adecuaciones colaborativas (bajo licencia) con desarrolladores tecnológicos
Avanzadas	-Desarrollo de nuevos productos y componentes (mayoritariamente en el extranjero)		-Capacitación de RH en sitio (campo)	-Actividades de I+D en el extranjero (Desarrollo tecnológico) -Maquila o compra de componentes en territorio nacional	-Procesos de vinculación (uni-emp-gob) para socializar experiencias (no para el desarrollo tecnológico)	

Fuente: Elaboración propia a partir de la evidencia.

Por su origen y actividades realizadas las empresas desarrolladoras y operadoras de parques eólicos juegan un papel de gran relevancia en la construcción de capacidades tecnológicas de innovación, considerando que gran parte de los desarrollos tecnológicos surge al interior de la empresa además de generar cambios significativos en la estructura económica y social de determinado sector productivo. En México actualmente empresas de gran importancia a nivel mundial en el sector eólico han conseguido construir importantes capacidades, sin olvidar que muchas de estas se siguen desarrollando y acumulando principalmente en el exterior y que no son difundidas en México.

Ahora con la evidencia obtenida y presentada anteriormente como se ubican las empresas respecto a los diferentes funciones técnicas y niveles, claro esto sin tratar de generalizar a las empresas anteriormente presentadas ya que en realidad lo que se busca es tratar de hacer un análisis integrado de este tipo de empresas en base a sus actividades centrales.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de inversión

En la toma de decisión y control: en el nivel básico tenemos capacidades basadas en búsqueda de tecnología a nivel internacional y componentes a nivel local e internacional,

además de programación de actividades para la gestión de recursos y para el desarrollo de proyectos. El tanto en el nivel intermedio abarca actividades como la negociación de tecnología con proveedores (y selección de tecnología cuando esta es propia como en el caso de Acciona Energía) y la gestión y construcción del proyecto. Y en lo referente a las capacidades avanzadas se cuenta con desarrollo de las tecnologías propias (principalmente de los aerogeneradores que se fabrican en el exterior, lo cual se limita a una capacidad construida en el exterior).

En lo que respecta a la preparación y ejecución del proyecto: como nivel básico se tienen capacidades en los estudios de pre-factibilidad y factibilidad de proyectos, el licenciamiento de la tecnología y componentes, el licenciamiento de permisos y la supervisión y/o desarrollo de la obra civil. En el nivel intermedio destaca las capacidades en el reclutamiento de personal calificado. Y finalmente en el nivel avanzado se plantea que en términos generales no existen capacidades dentro de esta función técnica.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de producción

En los procesos de organización de la producción: en el nivel básico se identifica la puesta en marcha y operación de los proyectos, además del mantenimiento programado y correctivo a los equipos. En el nivel intermedio destaca la mejora en los procedimientos para la operación y el mantenimiento así como el licenciamiento de algunos componentes en territorio nacional. En tanto que en el nivel avanzado se encuentra la capacitación de recursos humanos, en sitio principalmente.

En la centrada en el producto: se determina capacidades básicas y avanzadas únicamente, en la primera de estas podemos encontrar las adecuaciones a las tecnologías en base a las condiciones físicas locales principalmente, en tanto que para las segundas (avanzadas) actividades de I+D y diseño y desarrollo de equipos de vanguardia, los cuales se realizan en el exterior, y a nivel nacional únicamente se da el desarrollo de algunos componentes menores

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de soporte (vinculación)

Desarrollo de vínculos: los vínculos se desarrollan en dos sentidos por una parte los vínculos externos con las casas matrices pero también existen vínculos internos como es la socialización de conocimiento en la operación y mantenimiento con otras empresas

desarrolladoras y en la colaboración con otras organizaciones para la formación de recursos humanos principalmente, las cuales corresponde a niveles básicos. En el nivel intermedio se da mediante la conformación de grupos de trabajo para la socialización de conocimientos y experiencias con socios institucionales, así como grupos de trabajo para el diseño y maquila de componentes en territorio nacional. Además de procesos de vinculación del tipo Universidad-Empresa-Gobierno para el diseño de equipos nacionales, la cual corresponde al nivel avanzado.

En la modificación (o desarrollo de equipo): se detectan capacidades únicamente en el nivel básico e intermedio, en la primera de ellas encontramos modificaciones menores bajo las especificaciones del desarrollador. Respecto a las capacidades intermedias encontramos capacidades tecnológicas a partir de las adaptaciones según los requerimientos del mantenimiento así como adecuaciones colaborativas con el desarrollador tecnológico.

Ahora en los siguientes apartados se presenta un análisis similar para las tres empresas que corresponden al grupo de empresas prestadoras de servicios y/o desarrollo de componentes. Las empresas a presentar son: CISA Energía, ESEASA Construcciones y Trinity Industries.

5.2.5 CISA Energía

CISA Energía⁸² es un contratista general para actividades energéticas de origen mexicano, que provee servicios de promoción; diseño y construcción para proyectos de energía eólica en todo México. Con más de una década de experiencia en el mercado mexicano ofrece un conocimiento profundo y una vasta experiencia detallada en la industria eólica.

La empresa busca de manera constantemente innovar e implementar alternativas de diseño que ahorren dinero y tiempo a sus clientes. Sus servicios van desde la obtención de permisos hasta el mantenimiento preventivo y correctivo de las tecnologías y componentes, además de las evaluaciones preliminares hasta la puesta en marcha del

⁸² Información proporcionada por el Ing. Jesús Roberto Sosa (Ingeniero de proyectos de la empresa) en la exposición México WindPower, 2014, realizada los días 26 y 27 de febrero en el centro Banamex de la Ciudad de México.

proyecto eólico, CISA Energía ayuda a manejar cada etapa de los proyectos.

Actividades realizadas para el sector eólico en México:

La empresa ofrece diferentes servicios para el sector eólico mexicano tales como:

- Pre-planeación
- Aseguramiento de la tierra
- Permisos y trámites
- Anteproyectos
- Presupuestación
- Ingeniería de detalle
- Construcción (camino y cimentaciones; redes colectoras; subestaciones; erección de aerogeneradores y líneas de transmisión)
- Operación
- Mantenimiento preventivo y correctivo

Los alcances de la organización contemplan: la selección del sitio, la regularización de las tierras, la pre-factibilidad del proyecto, análisis financieros y rentabilidad del proyecto, evaluación de los recursos eólicos (y estimaciones de producción), el dimensionado de instalaciones, gestión de permisos, estudios de impacto ambiental (ante SEMARNAT, INAH, etc.), comercialización de la energía y Bonos de Carbono.

Proyectos en los que ha participado en México:

- Parque Eólico Bii Nee Stipa I (26.35 MW), la Ventosa, Oaxaca.
- Parque Eólico Bii Nee Stipa II / Stipa Nayaa (74 MW), El Espinal, Oaxaca.
- Parque Eólico Bii Nee Stipa III / Zopiloapan (70 MW), Zopiloapan, Oaxaca.
- Parque Eólico Bii Nee Stipa II, Fase III / El Retiro (74 MW), Juchitán de Zaragoza, Oaxaca.
- Parque Eólico Bii Nee Stipa IV / Dos Arbolitos (74 MW), la Ventosa, Oaxaca.
- Parque Eólico Stipa Cisa /Sierra Juárez (24 MW), la Ventosa, Oaxaca (en construcción).

Actividades centradas en la construcción de capacidades tecnológicas

A continuación se presentan las principales actividades realizadas por la empresa CISA

Energía a partir de la matriz adaptada de Bell y Pavitt (1995) para el análisis de capacidades tecnológicas del sector eólico en México.

Cuadro 47: Actividades de CISA Energía en la matriz de capacidades tecnológicas

Nivel	Actividades Primarias				Actividades de Soporte y vinculación	
	Inversión		Producción		(5) Desarrollo de vínculos	(6) Modificación de equipo
	(1) Toma de decisiones y control	(2) Preparación y ejecución del proyecto	(3) Procesos y organización de la producción	(4) Centrada en el producto		
Capacidades tecnológicas (capacidades para generar y administrar el cambio técnico)						
Básicas (A)	A1.1. Monitoreo activo y control de: A1.1.a. Estudios de factibilidad para clientes A1.1.b. A1.1.c. Programación de actividades en base a los requerimientos de los clientes A1.2.	A2.1. Estudios de pre-factibilidad y factibilidad en base a la normatividad (legislaciones) A2.2. A2.3. Diseños desarrollo de la ingeniería básica A2.4.	A3.1. A3.2. A3.3. A3.4.	A4.1. Ingeniería de detalle en adaptaciones de infraestructura A4.2.	A.5.1. Absorción colaborativa de información con proveedores y clientes A.5.2. A.5.3.	A.6.1 A.6.2.
Intermedias (B)	B1.1. B1.2. B1.3. B1.4.	B2.1. B2.2. B2.3. Estudios de valoración ambiental en base a las normatividades vigentes B2.4. Administración y seguimiento del proyecto en obra civil B2.5. Reclutamiento de RH capacitación para las diferentes actividades y servicios B2.6.	B3.1. B3.2. B3.3. B3.4.	B4.1. B4.2. B4.3.	B5.1. B5.2. B5.3. B5.4.	B6.1. Maquila de componentes eléctricos en territorio nacional (componentes menores relacionados a la ingeniería eléctrica) B6.2.
Avanzadas (C)	C1.1. C1.2.	C2.1. C2.2.	C3.1. C3.2. C3.3. C3.4.	C4.1. C4.2.	C5.1. C5.2. C5.3.	C6.1. C6.2.

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas e información recabada de la empresa (2014).

CISA Energía ha centrado sus actividades principalmente en el diseño, construcción y

operación de los proyectos eólicos, así como su interconexión hacia la red de alta y media tensión. Hay que destacar que gran parte de sus capacidades se centran en la promoción completa del parque, es decir toda la tramitología necesaria y la gestión de permisos ante las agencias reguladoras del país, como la CFE y la Comisión Reguladora de Energía (CRE), tanto a nivel federal como estatal o local. Así como la construcción del proyecto para ser entregado al cliente (listo para operarse).

Pese a que los servicios para el sector eólico es únicamente una de las diferentes líneas de negocio de la empresa, éstas actividades se han logrado diversificar y ampliar sus actividades y, por lo tanto, aprovechar la venta de oportunidad que la industria eólica ofrece sin dejar de lado su principal línea de negocio, es decir el sector de la energía eléctrica (en servicios y desarrollo de componentes y equipos). A continuación se presenta en análisis del nivel y tipo de capacidades tecnológicas de la empresa:

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de inversión

Por el tipo de empresa y actividades, son pocas las capacidades tecnológicas construidas que se refieren, las cuales son principalmente básicas e intermedias, en lo referente a la función de toma de decisión y control se tienen capacidades en el nivel básico derivadas de las actividades para el monitoreo y control para el desarrollo de proyectos, así como los estudios de factibilidad necesarios y programación de actividades según los requerimientos de los clientes propietarios de los parques. En la función de preparación y ejecución del proyecto, se encuentran capacidades en el nivel básico e intermedios, en el primero destaca el desarrollo de la ingeniería básica de proyectos, según requerimientos de la tecnología (componentes y equipos a instalar) y los clientes así como la elaboración de los diferentes estudios para el inicio del proyecto. En el nivel intermedio destacan las actividades de administración del y seguimiento para el desarrollo del proyecto así como el reclutamiento del personal necesario según los requerimientos del cliente.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de producción

En las funciones técnicas de producción únicamente se encuentran capacidades en la función centrada en el producto, esto considerando que el principal producto de la empresa para el sector eólico es la prestación de diferentes servicios para el desarrollo de un proyecto eólico (en la gestión y construcción). En el nivel básico hay actividades de ingeniería de detalle y adaptaciones a la infraestructura según los requerimientos del

cliente.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de soporte (vinculación)

Para la función de desarrollo de vínculos existen capacidades únicamente a nivel básico derivadas de la absorción y socialización de la información de forma colaborativa con proveedores y clientes. Y en la función de modificación de equipo se encuentran capacidades únicamente en el nivel intermedio derivado del diseño y maquila de componentes eléctricos para las tecnologías eólicas.

5.2.6 ESEASA Construcciones S.A. de C.V.

ESEASA Construcciones⁸³, es una empresa mexicana, la más grande de América Latina en grúas y transporte pesado que inició sus operaciones en los años 80s, tiene la capacidad y experiencia para participar en cualquier proyecto de gran infraestructura, ejecutando montajes especiales; transportación especializada y/o rentando equipos de izaje; ofrece servicios integrales suministrando operadores experimentados y maniobristas especializados.

Actividades realizadas para el sector eólico en México:

Han participado en diferentes actividades para el sector eólico mexicano desde la puesta en marcha del primer parque eólico de México (La venta I en 1994). Dentro de las principales actividades se pueden mencionar: estudios de valoración, diseño y construcción de caminos para la entrada de maquinaria pesada y transporte, transporte desde puertos al sitio del proyecto de componentes y equipos, renta y manejo de maquinaria pesada (grúas) para actividades de ensamble de los componentes diversos de la torre eólica y la turbina.

Algunos de sus últimos servicios realizados fueron:

- Ensamble del rotor (Clipper 2.2 MW)
- Ensamble de la góndola/nacelle (Acciona 2 MW)
- Ensamble de álabes (Vestas 2 MW)

⁸³ Información proporcionada por el Ing. Reynaldo Santos Lara (dirección de proyectos) en la exposición México WindPower, 2014, realizada los días 26 y 27 de febrero en el centro Banamex de la Ciudad de México.

- Ensamble de la sección de tubo y góndola (Gamesa 1.8 MW)

Proyectos realizados (mediante el servicio de grúas y construcción):

- Parque eólico la Rumorosa, Tecate, Baja California.
- Parque eólico Euros, Juchitán, Oaxaca (de Acciona). Modelo de grúa utilizada: DEMAG, CC-2800 de 600 toneladas de capacidad.
- Parque eólico Fuerza Eólica del Istmo, La Mata, Juchitán, Oaxaca (de grupo Peñoles). Modelo de grúa utilizada: DEMAG, CC-2800 de 600 toneladas de capacidad.
- Parque eólico las Oaxacas, Sto. Domingo Ingenio, Oaxaca. Modelo de grúa utilizada: MANITOWOC, 18000 de 800 ton. de capacidad.

Respecto al personal

El personal fijo con el que cuenta la empresa en sus diferentes sedes es de alrededor de 300 personas (que laboran como personal fijo), de los cuales 80% son personal operativo, la mayoría de ellos es personal de baja escolaridad pero altamente capacitados en el manejo y logística de equipo especializado. La mayor parte del personal es capacitado al interior de la empresa (se cuenta con poca movilidad de personal). Cuando surgen proyectos de gran envergadura se contrata personal de manera temporal.

Actividades centradas en la construcción de capacidades tecnológicas

A continuación se presentan las principales actividades realizadas por la empresa ESEASA Construcciones S.A. de C.V. a partir de la matriz adaptada de Bell y Pavitt (1995) para el análisis de capacidades tecnológicas.

Cuadro 48: Actividades de ESEASA Construcciones en la matriz de capacidades tecnológicas

Nivel	Actividades Primarias				Actividades de Soporte y vinculación	
	Inversión		Producción		(5) Desarrollo de vínculos	(6) Modificación de equipo
	(1) Toma de decisiones y control	(2) Preparación y ejecución del proyecto	(3) Procesos y organización de la producción	(4) Centrada en el producto		
Capacidades tecnológicas (capacidades para generar y administrar el cambio técnico)						
Básicas (A)	A1.1. Monitoreo activo y control de: A1.1.a. Se realizan estudios de pre-factibilidad y factibilidad (para el inicio de sus actividades) A1.1.b. Monitoreo para la selección de las grúas más adecuadas A1.1.c. A1.2. Supervisión de tecnología de punta (grúas)	A2.1. Estudios de factibilidad para la adecuación de caminos A2.2. Licenciamiento/compra de la tecnología de punta (grúas) A2.3. A2.4.	A3.1. A3.2. A3.3. A3.4.	A4.1. A4.2.	A5.1. A5.2. A5.3.	A6.1. A6.2.
Intermedias (B)	B1.1. Búsqueda, evaluación y selección de tecnología más moderna y adecuada para la realización de sus actividades B1.2. B1.3. B1.4.	B2.1. B2.2. Adquisición del equipo moderno en el mercado (monitoreo de mercado) B2.3. B2.4. B2.5. Capacitación y reclutamiento de personal operario de grúas B2.6.	B3.1. B3.2. Licenciamiento de nueva tecnología (la más moderna) B3.3. B3.4.	B4.1. B4.2. B4.3.	B5.1. B5.2. B5.3. B5.4.	B6.1. B6.2.
Avanzadas (C)	C1.1. C1.2.	C2.1. C2.2.	C3.1. C3.2. C3.3. Capacitación de RH (altamente competentes y poco rotación de personal) C3.4.	C4.1. C4.2.	C5.1. C5.2. C5.3.	C6.1. C6.2.

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas e información recabada de la empresa (2014).

ESEASA, es una empresa que resulta ser un referente en la construcción de los parques eólicos que funcionan en México y en la prestación de servicios de maquinaria pesada, al contar con la flotilla de grúas más moderna en América Latina, en donde se concentran sus capacidades más importantes es en el izaje de componentes, como torres, álabes y la góndola, en donde se refiere que cuentan con personal altamente capacitado para tal

actividad.

Por el servicio que presenta se coloca principalmente en capacidades básicas e intermedias y principalmente en la función técnica de inversión y en la función técnica de producción sólo se detectan capacidades en procesos y organización de la producción. Esto se da principalmente por sus propias actividades para la presentación de servicios con maquinaria pesada (grúas de alto tonelaje), y en el desarrollo y/o habilitamiento de caminos y vías de acceso para la maquinaria. A continuación el análisis del tipo y nivel de capacidades con las que cuenta la empresa:

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de inversión

Por el tipo de empresa y actividades, son pocas las capacidades construidas que se refieren, las cuales son principalmente básicas e intermedias, en lo referente a la función de toma de decisión y control se tienen capacidades en el nivel básico destacando las actividades de monitoreo activo para la selección de los equipos más modernos en el mercado (grúas y otros equipos), así como los servicios de estudios de factibilidad y pre-factibilidad para el desarrollo de los proyectos. En el nivel intermedio destaca el mapeo internacional para contar con las mejores tecnologías para el desarrollo de sus actividades (prestación de servicios de manejo de alto tonelaje para los parques eólicos). En la preparación y ejecución del proyecto se cuenta con capacidades básicas derivadas de las actividades de los estudios de factibilidad y adecuación de caminos así como en la adquisición de equipos de punta. En el nivel intermedio se cuenta con capacidades en la capacitación y reclutamiento del personal altamente calificado para la operación de las grúas y otros equipos pesados.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de producción

En las funciones técnicas de producción únicamente se encuentran capacidades en la función centrada en el producto en el nivel intermedio y avanzado, en el nivel intermedio existen capacidades por los procesos de licenciamiento de la tecnología y en el nivel avanzado por la capacitación de personal competente que deriva en poca rotación de su personal.

Como se puede observar son pocas capacidades desarrolladas, esto a partir de la propuesta de análisis, esto sucede principalmente porque la actividad de la empresa se

centra principalmente en la prestación de los diferentes servicios para los clientes (desarrolladores de parques eólicos), por lo cual no existe un involucramiento hacia el desarrollo de la tecnología eólica ni el mantenimiento de la misma.

5.2.7 Trinity Industries

Trinity *Industries*⁸⁴ de México es una empresa subsidiaria de Trinity *Industries Inc.* (USA), es una compañía dedicada al desarrollo, diseño y fabricación de una gran variedad de productos industriales que se clasifican en cinco segmentos de negocios: carros de ferrocarril, arrendamiento y servicios de carros de ferrocarril, barcasas para navegación fluvial, productos para la construcción y productos industriales.

En México su principal línea de negocio para el sector eólico es su extensa gama de fabricación de torres estructurales, adecuadas a las necesidades de la industria internacional de energía eólica. Estas torres pueden ir de 30 a 90 metros de altura, en tipos de 2 y 3 secciones con diámetro de hasta 4,000 mm y se fabrican conforme a las especificaciones de cada diseñado del aerogenerador.

Actividades realizadas para el sector eólico en México:

La empresa ofrece diferentes servicios para el sector eólico mexicano tales como:

- Logística y transporte: transportación de materiales o productos terminados (sección de torres, álabes, nacelles (góndolas), arillos de sustentación, etc.).
- Fabricación y colocación de torres eólicas.
- Fabricación de componentes internos para torres eólicas, como: barandales, vigas, escaleras y soportes, zoclo para eléctricos, guía de cable, plataformas y sujetadores.

Proyectos en los que han participado con sus componentes:

- 98 torres de 44 metros para Gamesa Eólica (parque eólico la Venta II)
- 60 torres de 80 metros para Acciona Energía (parque eólico Euros)
- 103 torres de 80 metros para Acciona Energía (parque eólico Euros I)

⁸⁴ Información proporcionada en la exposición *Mexico WindPower*, 2014, realizada los días 26 y 27 de febrero en el centro Banamex de la Ciudad de México.

- 103 nacelles para Acciona Energía (parque eólico Euros I)
- 103 sets de álabes para Acciona Energía (parque eólico Euros I)
- 20 torres de 67 metros para Peñoles
- 20 nacelles para Peñoles
- Transportación de 20 juegos de álabes desde puerto de Salina Cruz para Peñoles
- 51 torres 51 x V80 para Vestas
- 204 torres de 78 metros para Acciona
- 110 torres de 44 metros para Acciona

Según se refiere en la entrevista, los proyectos que operaban hasta el 2014 la empresa había participado de alguna manera en un 90% de en ellos, principalmente en la fabricación de torres y componentes varios (principalmente componentes interiores de la torre y nacelles)⁸⁵.

Respecto al personal

El personal fijo con el que cuenta la empresa en sus diferentes líneas de negocio es de aproximadamente 800 personas.

Actividades centradas en la construcción de capacidades tecnológicas

A continuación se presentan las principales actividades realizadas por la empresa Trinity Industries a partir de la matriz adaptada de Bell y Pavitt (1995) para el análisis de capacidades tecnológicas.

⁸⁵ En la entrevista realizada a Karina Ramírez (Gerente de mercadotecnia), en el evento de *Mexico WindPower 2015* (realizado en el Centro Banamex de la Ciudad de México el 25-26 de febrero de 2015), se refirió que el 90% de las torres eólicas instaladas en México son de ellos.

Cuadro 49: Actividades de Trinity Industries en la matriz de capacidades tecnológicas

Nivel	Actividades Primarias				Actividades de Soporte y vinculación	
	Inversión		Producción		(5) Desarrollo de vínculos	(6) Modificación de equipo
	(1) Toma de decisiones y control	(2) Preparación y ejecución del proyecto	(3) Procesos y organización de la producción	(4) Centrada en el producto		
Capacidades tecnológicas (capacidades para generar y administrar el cambio técnico)						
Básicas (A)	A1.1. Monitoreo activo y control de: A1.1.a. Estudios de pre-factibilidad y factibilidad para vías de acceso y transporte A1.1.b. A1.1.c. A1.2.	A2.1. Estudios de factibilidad para el transporte y vías de acceso y comunicación A2.2. Obtención de equipo para transporte A2.3. A2.4.	A3.1. A3.2. A3.3. A3.4.	A4.1. Adaptaciones a los sistemas de transporte y torres A4.2.	A.5.1. Absorción de información de los desarrolladores para el manejo adecuado de las tecnologías A.5.2. A.5.3.	A.6.1 Adaptación y adecuaciones de torres para los actuales aerogeneradores A6.2.
Intermedias (B)	B1.1. B1.2. B1.3. B1.4.	B2.1. B2.2. B2.3. B2.4. Supervisión y seguimiento bajo especificaciones del desarrollador B.2.5. Reclutamiento de personal altamente capacitado B2.6.	B3.1. Mejora de procesos para el manejo de los componentes y equipos B3.2. B3.3. B3.4.	B4.1. B4.2. Diseño de componentes cada vez más grandes (torres) adecuadas a las nuevas tecnologías B4.3.	B5.1. B5.2. Maquila de equipos en territorio nacional (torres y otros componentes para la torre) B5.3. B5.4.	B6.1. B6.2.
Avanzadas (C)	C1.1. Desarrollo de nuevos productos y componentes (Torres y componentes varios) C1.2.	C2.1. C2.2.	C3.1. C3.2. C3.3. C3.4.	C4.1. C4.2.	C5.1. C5.2. C5.3.	C6.1. C6.2.

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas e información recabada de la empresa (2014).

Esta empresa de servicios y componentes ha logrado tener una actividad muy dinámica para los parques eólicos que actualmente operan en México por sus actividades realizadas, sus capacidades tecnológicas se centran principalmente en capacidades tecnológicas básicas e intermedias, un elemento importante a destacar es que la empresa maquila gran parte de sus componentes en territorio nacional, componentes que dado los requerimientos de las actuales tecnologías existentes en el mercado, han logrado adecuarse a los requerimientos de las mismas. Además de preocuparse por el desarrollo de componentes cada vez más eficientes y apropiados a los requerimientos de la nuevas tecnologías. Desatancando que la mayor parte de sus capacidades desarrolladas se

centran en la fabricación de torres eólicas y de los componentes internos de las mismas. Como en los casos anteriores se hace un análisis del tipo y nivel de capacidades de la empresa:

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de inversión

En la función de toma de decisión y control, se ubican capacidades básicas y avanzadas, en la primera de ellas los estudios de factibilidad para las vías de acceso y transporte de componentes. A nivel avanzado el desarrollo activo de nuevos productos (principalmente torres). En la preparación y ejecución del proyecto se cuenta con capacidades básicas e intermedias, en las básicas se cuenta con los estudios necesarios para el transporte de los componentes al lugar del proyecto (logística) así como la obtención del equipo (o equipos) para realizar sus actividades. En el nivel intermedio destacan las actividades de supervisión y seguimiento para el manejo de equipos y en su caso fabricación de torres, según las especificaciones del desarrollador tecnológico.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de producción

Para procesos y organización de la producción se cuenta únicamente con capacidades intermedias, derivadas de las actividades de mejora continua de los procesos para el manejo de componentes y equipos. En tanto, en la función de centrada en el producto, en el nivel básico hay mejoras y adaptaciones a los sistemas de transporte y construcción de torres (según requerimiento de las nuevas tecnologías). Y en el nivel intermedio destacan las actividades relacionadas para hacer los componentes (torres) más adecuadas a los requerimientos de las más modernas tecnologías.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de soporte (vinculación)

Para la función de desarrollo de vínculos existen capacidades a nivel básico e intermedios, en el nivel básico se cuenta con actividades de absorción de información proveniente de los desarrolladores tecnológicos para el adecuado manejo de las tecnologías, en el nivel intermedios destaca la maquila de equipos en territorio nacional con el apoyo de la casa matriz. Finalmente en la función de modificación de equipo se centra únicamente en capacidades básicas derivadas de las modificaciones y adecuaciones de las torres para las nuevas turbinas (las cuales son cada vez más grandes y pesadas).

A continuación se presenta un breve análisis, como el realizado para el grupo de organizaciones anteriormente presentadas, para estas dos empresas pertenecientes al grupo de empresas de servicios y componentes.

5.2.8 Capacidades centradas en empresas prestadoras de servicios y componentes

Un elemento central en de la planeación, desarrollo y funcionamiento de los parques eólicos en México, son las empresas que prestan los diferentes servicios de gestión, planeación y construcción y logística que resultan necesarios para la puesta en marcha de estos grandes proyectos. Por ejemplo los servicios que resultan de vital importancia para los proyectos eólicos, son aquellos que tienen que ver con la evaluación/valoración del propio proyecto, la gestión de permisos y por supuesto la construcción del mismo, actividades centrales que realiza la empresa CISA Energía. Así también, una actividad central es la prestación de servicios para el traslado de las diferentes tecnologías y componentes desde los puertos de embarque hasta la zona en que se desarrolla el proyecto así como la maquinaria pesada necesaria para la instalación de dicha tecnología, tal es el caso de la empresa ESEASA Construcciones.

Finalmente, hay que destacar la importancia que tienen los propios componentes necesarios para el desarrollo de un parque eólico, como el de las torres y los diversos componentes interiores de la misma y el propio traslado de los diferentes componentes y equipos, éste es el caso de la empresa Trinity Industies.

Ahora para estas tres últimas empresas se realiza un análisis similar al realizado en los otros dos grupos de organizaciones, es decir desarrolladoras y operadoras de parques eólicos y el grupo de Universidades y Centro de I+D (presentado en el capítulo 4). En la siguiente matriz se presenta un análisis integrado para organizaciones prestadoras de servicios y componentes.

Cuadro 50: Matriz integrada de las actividades tecnológicas de innovación para Empresas de servicios y componentes

Nivel	Actividades Primarias				Actividades de Soporte	
	Inversión		Producción		Desarrollo de vínculos	Modificación de equipo
	Toma de decisiones y control	Preparación y ejecución del proyecto	Procesos y organización de la producción	Centrada en el producto		
Capacidades tecnológicas (capacidades para generar y administrar el cambio técnico)						
Básicas	-Estudios de pre-factibilidad y factibilidad para el desarrollo de proyectos eólicos de gran potencia -Mapeo internacional de tecnología de punta para el desarrollo de sus actividades	-Gestión de tramites -Compra de equipos más moderno en el mercado (grúas) -Ingeniería básica		-Adecuaciones de los componentes según especificaciones de los aerogeneradores	- Absorción colaborativa de información con proveedores y clientes	-Desarrollo de componentes más adecuados a las actuales tecnologías
Intermedias	-Selección de la tecnología más adecuada para el desarrollo de sus actividades productivas (proyectos eólicos)	-Adquisición del equipo más moderno -Reclutamiento de personal altamente capacitado	-Licenciamiento y maquila de componentes en territorio nacional (componentes menores) -Mejoras de los procesos para el manejo de componentes	-Desarrollo de componentes cada vez más grandes y eficientes (según requerimientos de las actuales tecnologías)		-Maquila de algunos componentes en territorio nacional (torres, y diversos componentes internos de la torre)
Avanzadas			- Capacitación de personal y búsqueda de personal nacional altamente capacitado			

Fuente: Elaboración propia a partir de la evidencia.

Con el presente análisis se busca dar evidencia sobre el nivel y tipo de capacidades tecnológicas que se han logrado construir con las actividades que desarrollan este tipo de empresas para el sector eólico.

A partir de los casos anteriormente analizados la evidencia nos muestra, que este tipo de empresas son las que han construido un menor número de capacidades en comparación los otros grupos ya presentados, sin embargo hay que destacar que sus actividades resultan de gran relevancia principalmente porque la mayor parte de las capacidades construidas resultan ser principalmente locales, por lo cual resultan centrales para la consolidación de una industria eólica local. Además hay que resaltar que sus capacidades se ubican principalmente en los niveles básicos e intermedios. A

continuación se presenta el análisis a partir de cada función técnica.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de inversión

Toma de decisión y control: se cuenta con capacidades en los niveles básico e intermedio, en el básico encontramos los estudios de factibilidad y pre-factibilidad así como la búsqueda de tecnología a nivel internacional. En el nivel intermedio la selección de tecnología más moderna y adecuada para el desarrollo de las actividades de servicios.

En preparación y ejecución del proyecto: se cuenta únicamente con nivel básico e intermedio, en el nivel básico tenemos la adquisición de aquellos equipos más modernos existentes en el mercado y actividades que tienen que ver con la promoción de los proyectos, como es el caso de los trámites. En nivel intermedio se centra en el reclutamiento de personal altamente calificado en la prestación de servicios de operación y manejo de equipos pesados y la propia adquisición de los equipos más modernos.

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de producción

En los procesos de organización de la producción: no se cuenta con nivel básico, pero en el intermedio encontramos el licenciamiento de componentes en territorio nacional y la mejora en los procesos para el manejo de componentes. En el nivel avanzado encontramos capacidades en el reclutamiento y capacitación de personal altamente capacitado para prestación de los diferentes servicios que ofrecen las empresas.

En la centrada en el producto: se tiene presencia en el nivel básico e intermedio, en el primer nivel tenemos que realizan las adecuaciones de los componentes según los requerimientos de las nuevas tecnologías (aerogeneradores). En el nivel intermedio se tiene el desarrollo de componentes cada vez más eficientes (según los requerimientos de las nuevas tecnologías).

Capacidades relacionadas con las funciones técnicas de soporte (vinculación)

Desarrollo de vínculos destaca la absorción colaborativa de información con proveedores y clientes para el óptimo desarrollo de los proyectos.

En la modificación (o desarrollo de equipo): se cuenta con presencia en el nivel básico e intermedio, en el primero de ellos se tiene el diseño y desarrollo de componentes según

los requerimientos de los clientes. Así como la maquila y ensamblado de algunos componentes en territorios nacional en lo referente al nivel intermedio.

5.3 Análisis agregado de las capacidades tecnológicas construidas por las organizaciones estudiadas

Considerando que la innovación es un proceso complejo que comprende varias dimensiones, tales como: la fabricación de nuevos productos, la solución de problemas técnicos, la incorporación de nuevas tecnologías, la modificación de procesos productivos, e incluso cambios organizacionales (Villavicencio y Díaz, 2007). Dimensiones que por lo tanto, requieren de nuevos y mejores aprendizajes con el fin de construir capacidades tecnológicas tanto a nivel individual como a nivel colectivo.

En este sentido, hay que destacar que en torno al tema de la innovación, dicha actividad ha dejado de ser una actividad exclusiva de un solo tipo de organización (empresas con capacidad financiera y determinados conocimientos productivos), más bien es un proceso mediante el cual la empresa o empresas desarrollan una dinámica continua y virtuosa de creación de conocimientos de diversa naturaleza (Villavicencio y Díaz, 2007), y en donde los acuerdos de colaboración y generación de redes interinstitucionales, tienen un papel relevante y que resulta ser un hecho recurrente en los casos aquí presentados, donde dichos acuerdos de colaboración entre las diferentes organizaciones con interés en un sector específico, como es el caso de la energía eólica, pueden potencializar la construcción de sus propias capacidades tecnológicas o simplemente fortalecer las capacidades y/o aprendizajes tecnológicos ya existentes, aspecto que sin duda resulta relevante para las organizaciones aquí analizadas.

Sin duda es positivo y sobre todo necesarios que organizaciones mexicanas, tanto del sector público como privado, desarrollen capacidades tecnológicas innovativas, ya que esto podría cambiar la naturaleza del actual sector eólico en México, principalmente porque esto podría generar derramas tecnológicas hacia los agentes locales contribuyendo así una mejor calidad de vida y sobre todo mayores oportunidades hacia las regiones en donde se localizan los proyectos eólicos y en donde se ubique las empresas proveedoras de componentes y equipos del sector.

Con los casos de estudio aquí analizados, si bien no es posible generalizar al sector eólico o a las organizaciones que en él participan, si se intenta presentar algunas conclusiones respecto nivel en que se encuentra México en el tema de la construcción de capacidades tecnológicas partiendo de los casos estudiados, por tal motivo en la siguiente matriz se presenta de manera general un esfuerzo por tratar de integrada aquellas capacidades tecnológicas de innovación que le resultan comunes a las organizaciones analizadas mediante la matriz adaptada para el sector eólico en México. Destacando primero que nada que dependiendo de cada organización, ésta tienen diferentes formas para la construcción de capacidades tecnológicas, las cuales como ya fueron anteriormente definidas como: las habilidades para utilizar el conocimiento tecnológico, o desde la visión de Kim, como la habilidad de la organización para utilizar el conocimiento tecnológico, lo que surge desde la utilización y la asimilación de las tecnologías existentes en determinado sistema productivo y que en un escenario optimo podría llegar al desarrollo de nuevas y mejores tecnologías, componentes y servicios.

Cuadro 51: Matriz agregada de las capacidades tecnológicas para el sector eólico en México (a partir de los casos de estudio)

Nivel	Actividades Primarias				Actividades de Soporte	
	Inversión		Producción		Desarrollo de vínculos	Modificación de equipo
	Toma de decisiones y control	Preparación y ejecución del proyecto	Procesos y organización de la producción	Centrada en el producto		
Capacidades tecnológicas (capacidades para generar y administrar el cambio técnico)						
Básicas	-Estudios de pre-factibilidad y factibilidad para el desarrollo de sus actividades -Programación de actividades para: *Gestión de recursos financieros *Búsqueda de tecnología *Desarrollo de proyectos	-Monitoreo activo y licenciamiento de tecnología de punta -Gestión de permisos y recursos financieros (a nivel nacional e internacional) para la ejecución de proyectos	-Operación y mantenimiento de equipos -Mantenimiento correctivo	-Adecuaciones tecnológicas en base a las condiciones físicas locales (partiendo de las especificaciones del fabricante)	-Socialización de información entre pares -Colaboración entre organizaciones de la región para la capacitación de personal en territorio nacional	-Adaptaciones menores bajo especificaciones del desarrollador tecnológico (mejoras tecnológicas) -Desarrollo de componentes adecuados a las tecnologías

Intermedias	<ul style="list-style-type: none"> -Negociación con proveedores tecnológicos (de pequeña / gran potencia) -Gestión y Admón. de proyectos de: <ul style="list-style-type: none"> *Vigilancia tecnológica *Educación y capacitación *Desarrollo de proyectos -Construcción y supervisión de proyectos 	<ul style="list-style-type: none"> -Capacitación y reclutamiento de personal operario -Adquisición de tecnologías (componentes y equipos) modernas -Estudios de impacto ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> -Licenciamiento de tecnología para: <ul style="list-style-type: none"> *Investigación *Producción -Licenciamiento de componentes en territorio nacional -Mejora de procedimientos para: <ul style="list-style-type: none"> *Construcción y manejo de componentes *Operación -Formación de RH altamente capacitados (en territorio nacional) 	<ul style="list-style-type: none"> -Procesos de ingeniería de reversa (equipos de pequeña potencia) -Modelación y desarrollo de componentes (pequeña y gran potencia) 	<ul style="list-style-type: none"> -Vinculación entre diversas organizaciones para la socialización de conocimientos (y desarrollo tecnológico) -Consolidación de grupos de trabajo con otras organizaciones 	<ul style="list-style-type: none"> -Diseño e ingeniería en: <ul style="list-style-type: none"> *Equipos de pequeña potencia *Componentes de gran potencia -Adaptaciones colaborativas (bajo licencia del desarrollador tecnológico)
Avanzadas	<ul style="list-style-type: none"> -Búsqueda servicios en territorio nacional -Desarrollo (diseño y maquila) de aerogeneradores de punta (en casas matrices o centros de I+D del extranjero) 		<ul style="list-style-type: none"> -Proyectos de I+D para aprovechar oportunidades de la naciente industria eólica 	<ul style="list-style-type: none"> -I+D para incrementar la eficiencia y desarrollo tecnologías adecuadas y más eficientes (mayoritariamente realizadas el exterior con información recabada localmente) 	<ul style="list-style-type: none"> -Consolidación de vínculos (uni-emp-gob) con organizaciones locales para: <ul style="list-style-type: none"> *Socializar conocimientos y experiencias (fortalecer aprendizajes) *Desarrollos tecnológicos 	

Fuente: Elaboración propia a partir de la evidencia.

Uno de los principales objetivos planteado en la presente investigación fue el de caracterizar e identificar el nivel de capacidades tecnológicas de las organizaciones estudiadas en las diferentes funciones técnicas. Dicho objetivo se alcanzó mediante la elaboración de cada una de las organizaciones estudiadas y mediante los subgrupos en los que se conjuntaron dichas organizaciones. Es así que se pudieron identificar y clasificar las diferentes capacidades tecnológicas que poseen cada una de las organizaciones, dicha clasificación se logró considerando si éstas eran básicas, intermedias o avanzadas.

Por lo anterior es importante aclarar que aunque cada organización ha logrado un nivel de capacidades diferente y específico, esto claro por su propia actividad productiva, lo que se intenta demostrar con la matriz integrada sobre la capacidades tecnologías de las organizaciones estudiadas es, en términos generales, conocer cuáles y en qué nivel se

localizan las capacidades tecnológicas tratando de describir cuáles son aquellas actividades en las que confluyen o relacionan, esto con el fin de dar evidencia respecto a la situación en la que se encuentra el sector eólico en México, para lo cual a continuación se presenta el análisis para cada una de las funciones técnicas.

Funciones técnicas de inversión

Toma de decisión y control: en el nivel básico se encuentra con capacidades en los estudios pre-factibilidad y factibilidad para el desarrollo de sus diferentes actividades (esto claro para cada organización); además de programación de actividades para: la gestión de recursos financieros, búsqueda de tecnología y desarrollo de proyectos (productivos y de investigación, según el caso de cada organización). En tanto para el nivel intermedio se cuenta con capacidades en la negociación con proveedores tecnológicos; también en la gestión y administración de proyectos en los temas de: vigilancia tecnológica; educación y capacitación de recursos humanos (principalmente por parte de las organizaciones dedicadas a la educación y a la I+D); el desarrollo de proyectos eólicos de gran potencia y finalmente se cuenta con capacidades derivadas de la construcción y supervisión de los propios proyectos. En el nivel avanzado se cuenta con capacidades derivadas de la búsqueda de servicios en territorio nacional; desarrollo (diseño y maquila) de aerogeneradores de punta (actividad realizada en las casas matrices o en los centros de I+D de las empresas desarrolladoras de tecnología que son principalmente extranjeras).

Preparación y ejecución del proyecto: a nivel básico se cuenta con monitoreo activo y licenciamiento de tecnología de punta (tecnología proveniente del extranjero principalmente); gestión de permisos y recursos financieros (nacionales e internacionales) para el desarrollo de proyectos (tanto tecnológicos como de investigación). En el nivel intermedio se cuenta con capacitación y reclutamiento de personal operario de los parques y de investigación en los centros de educación y de I+D; adquisición (licenciamiento) de las diferentes tecnologías (componentes y equipos más modernos en el mercado) y finalmente estudios de impacto ambiental y otros estudios que marca la normatividad mexicana.

Funciones técnicas de producción

Procesos y organización de la producción: en el nivel básico se realizan actividades de

operación y mantenimiento de equipos así como mantenimiento correctivo (en su caso mejoras tecnológicas). En el nivel intermedio, las actividades van desde el licenciamiento de la tecnología (según los objetivos de la organización puede ser principalmente para la investigación o para la producción); el licenciamiento de algunos componentes menores en territorio nacional; así como la mejora de procedimientos de las organizaciones para: la construcción y/o manejo de componentes y equipos o bien la operación de los mismos; finalmente la formación de recursos humanos altamente capacitados (actividad realizada principalmente en territorio nacional)

En el nivel avanzado se cuenta con actividades derivadas de los proyectos para actividades de I+D para aprovechar determinadas oportunidades que ofrece la naciente industria eólica en México.

Centrada en el producto: en el nivel básico se cuenta con adecuaciones tecnológicas en base a las condiciones físicas locales (lo cual se realiza a partir de las especificaciones del fabricante o desarrollador tecnológico). En el nivel intermedio se cuenta con procesos de ingeniería de reversa (principalmente en equipos de pequeña potencia y lo realizan los centros de I+D y universidades) y modelación y desarrollo de componentes (principalmente componentes menores). Finalmente en el nivel avanzado se realizan actividades de I+D para incrementar la eficiencia y desarrollo de tecnologías que sean más adecuadas y eficientes al mercado mexicano (actividad realizada principalmente en el exterior pero en ocasiones con la información recabada en territorio nacional en base a la experiencia en el funcionamiento de los equipos).

Funciones técnicas de soporte

Desarrollo de vínculos: a nivel básico se cuenta con vínculos para socialización de información y experiencias entre diferentes organizaciones así como procesos de colaboración con organizaciones de la región para la capacitación de personal de la propia región (principalmente para la operación de los proyectos). En el nivel intermedio se cuenta con vínculos entre diversas organizaciones para la socialización de conocimientos y experiencias y en algunos casos para el desarrollo de proyectos de desarrollo tecnológico; además de la consolidación de grupos de trabajo entre las diferentes organizaciones para fortalecer su presencia en el sector. En el nivel avanzado se han consolidado vínculos del tipo Universidad-Empresa-Gobierno (principalmente vínculos locales) para fortalecer aprendizajes y para el impulso al desarrollo tecnológico.

Modificación de equipo (o desarrollo de equipo): en el nivel básico podemos encontrar que se realizan adaptaciones menores bajo las especificaciones del desarrollador tecnológico (principalmente mejoras tecnológicas) y el desarrollo de componentes adecuadas a las tecnologías en territorio nacional (principalmente componentes como torres). En el nivel intermedio hay diseño e ingeniería en: equipos de pequeña potencia y componentes menores para equipos de gran potencia; además de realizar adaptaciones tecnológicas colaborativas (bajo licencia del desarrollador) así como adaptaciones según el requerimiento propio del mantenimiento.

Hay que destacar, que en términos generales la evidencia ha mostrado que las organizaciones analizadas se ubican principalmente en los niveles básicos e intermedios de capacidades tecnológicas para el sector lo que nos dice, que se requiere de un mayor esfuerzo por parte de todos los sectores, productivos, Gobierno y sociedad para aprovechar las oportunidades que el sector eólico ofrece. Por tal motivo en el siguiente Capítulo se presenta un análisis de cuáles son las perspectivas que se tienen respecto al desarrollo de capacidades tecnológicas para México desde el punto de vista de las diferentes organizaciones, tales como las entidades de educación superior y centros de I+D; las empresas y la visión del Estado (Gobierno Federal).

Conclusiones

Se prevé que en México y en todo el Mundo, la energía eólica siga teniendo un papel creciente dentro de las matrices energética de muchos países, lo cual implica que las tecnologías, componentes y servicios asociados al aprovechamiento de esta fuente de energía también siga creciendo, con ello se espera que las tecnologías de gran potencia cada vez sean más eficientes y que se exploten otras alternativas como son la tecnología de pequeña potencia mediante proyectos de generación distribuida.

Lo anterior representa un reto para nuestro país, pero también abre diferentes ventanas de oportunidad para que las diferentes organizaciones mexicanas (y en México) tengan una mayor presencia en el sector. Esto considerando que actualmente el mercado eólico mundial se encuentra dominado por pocas empresas, las cuales se encuentran ubicadas en unos cuantos países, en donde destaca Dinamarca como uno de los países que más desarrollos tecnológicos han realizado al sector y que por lo tanto, cuenta con una de las

empresas más importantes en el sector alrededor del Mundo, como es la empresa Vestas. Otros países a destacar como líderes tecnológicos históricos son Alemania y Holanda, pero también España ha logrado tener una presencia importante en los últimos años con empresas como Gamesa y Acciona, empresas con un papel muy importante en la capacidad instalada de México⁸⁶.

Es así que el reto para México es indudablemente poder aprovechar de manera más acelerada su potencial eólico pero sobre todo poder aprovechar los beneficios que estos proyectos implican, en donde el sector industrial juega un papel importante. Sin embargo para que el sector productivo local tenga una mayor presencia en el mercado eólico (tanto local como internacional) requiere de la construcción de diversas capacidades tecnológicas por parte de las organizaciones que permita aprovechar los beneficios que la explotación del recurso eólico ofrece. El aprovechamiento de dichos beneficios urge a la consolidación de una cadena de valor ligada al sector, para el desarrollo de dicha cadena de valor se puede afirmar que se cuenta con las dotaciones esenciales, tales como recursos eólicos abundantes y por lo tanto, la existencia del mercado doméstico y una importante presencia de los sectores industriales que podrían apuntalar a la industria eólica.

Lo anterior no será posible si no se cuenta con el marco integral en el que los diferentes agentes interesados en participar en la cadena de valor de sector trabajen en la misma dirección en la conformación de capacidades tecnológicas prioritarias. En este sentido, el objetivo del presente capítulo fue caracterizar y analizar las capacidades tecnológicas de innovación que las empresas estudiadas han logrado construir a partir de las actividades realizadas para los proyectos eólicos de gran potencia en México. Esta clasificación se realizó mediante la información obtenida de cada organización, principalmente mediante entrevistas a agentes clave, con lo cual logro determinar en qué funciones técnicas se ubican: de Inversión, Producción o de Soporte, y en qué nivel de innovación se encontraban: Básicas, Intermedias o Avanzadas. Lo anterior fue posible gracias a la metodología descrita en el Capítulo 4.

La evidencia ha demostrado que las organizaciones analizadas han logrado construir diversas capacidades tecnológicas localmente y externamente a partir de sus actividades y que sin duda resultan importantes para el sector. Destacando principalmente que el

⁸⁶ Y más recientemente nuevas empresas de países como la India y China han logrado posicionarse poco a poco en el mercado eólico mundial.

proceso de construcción de capacidades tecnológicas no es homogéneo entre las organizaciones, ya que el tipo y nivel de capacidades tecnológicas está fuertemente relacionado con las actividades y el origen rector de cada organización.

Lo anterior considerando que uno de los objetivos de la presente investigación es el de identificar el nivel y tipo de capacidades tecnológicas en las distintas actividades técnicas de las organizaciones. Este objetivo se buscó alcanzar con el apoyo de la matriz de capacidades tecnológicas para cada una de las organizaciones y para el integrado en grupos de organizaciones ya previamente descritas.

En el primer grupo de empresas analizadas (empresas desarrolladoras y operadoras), por su origen y actividades hay que destacar que éstas juegan un papel de suma importancia en la construcción de capacidades tecnológicas de innovación, sin olvidar que gran parte de los desarrollos tecnológicos surgen en el exterior (al ser principalmente empresas extranjeras que realizan la mayor parte de sus desarrollos tecnológicos en el país de origen o filiales del extranjero), pero aun así su relevancia en la generación de capacidades tecnológicas locales es de vital importancia. Gran parte de estas capacidades surge de las propias actividades derivadas del diseño; desarrollo; operación y mantenimiento de los parques eólicos, por lo cual, mediante la realización de dichas actividades es que las principales capacidades tecnológicas se concentran en el nivel básico e intermedio.

Respecto a las capacidades avanzadas estas se centran en actividades tales como los acuerdos de vinculación para diferentes fines tales como, capacitación de personal y de desarrollo tecnológico. Hay que puntualizar que para el desarrollo de una industria eólica doméstica, las capacidades desarrolladas por este grupo de empresas resultan centrales, principalmente si se considera que muchas de las empresas de este grupo han acumulado importantes capacidades tecnológicas a lo largo de su historia, al ser muchas de ellas empresas extranjeras con presencia en otros países y con desarrollos tecnológicos exitosos.

Respecto al segundo grupo de empresas analizadas, donde se ubican las empresas de servicios y componentes, áreas que resultan de central importancia para el sector eólico. Para este grupo de empresas (tres empresas estudiadas), resulto ser el que menores capacidades han logrado desarrollar, esto con base a la evidencia encontrada, sin embargo las capacidades construidas resulta valiosas. Según la evidencia las

capacidades tecnológicas se centran en los niveles básicos e intermedios, donde se destacan las actividades dirigidas a la adquisición de tecnología de punta para el desarrollo de las actividades así como la mejora de componentes y procesos de operación más adecuados a los requerimientos de las actuales tecnologías.

Hay que destacar que si las empresas que participan en el sector eólico en México, principalmente las locales, quieren obtener una mayor tasa de beneficios derivados de sus actividades que prestan a éste sector es necesario ir fortaleciendo y acumulando un mayor nivel de capacidades tecnológicas, productivas y organizacionales para poder ofrecer mejores (y nuevos) productos y servicios según los nuevos requerimientos del sector. Esto será posible si las empresas logran incursionar en “un proceso de creación de conocimiento con base en el conocimiento ya existente y en la exploración y explotación de nuevas oportunidades” (Carrillo y Villavicencio, 2012: 30). Lo anterior requiere de un entorno adecuado pero sobre todo si las empresas son capaces de aprovechar las oportunidades que los actuales marcos institucionales ofrecen, además de generar sinergias colaborativas con otras organizaciones, como son empresas (proveedoras, clientes y hasta competidores), organismos públicos y privados de I+D y universidades), ello con el fin de socializar experiencias y capacidades tecnológicas que permitan ir mejorando sus servicios y reducir de esta manera la dependencia hacia el exterior.

Con lo anterior se puede concluir que, existen importantes capacidades tecnológicas con potencial para ir aportando al desarrollo de una industria eólica doméstica y/o para el fortalecimiento de la cadena de suministros asociada a dicho sector. Sin embargo, también hay que puntualizar que dichas capacidades no son suficientes. Además de destacar que para un mayor impulso a la construcción de más y mejores capacidades tecnológicas, por parte de las organizaciones locales requiere indudablemente de la instrumentación e implementación de una política industrial que privilegie a la industria local, como lo han hecho diversos países que hoy en día son exitosos en la conformación de una industria eólica doméstica.

Es así, que para el sector eólico en México se requiere de la creación de mayores instrumentos que permitan capitalizar las capacidades tecnológicas endógenas de las organizaciones así como de un mayor aprovechamiento de las actuales condiciones institucionales (tanto locales como externas) y de esta manera impulsar a la innovación

desde el enfoque sistémico el cual no es posible sin una política pública adecuada y sin el interés y los recursos tanto humanos y financieros de las diversas organizaciones que participan o tienen el interés de participar en el sector.

Capítulo 6: Perspectivas de las capacidades tecnológicas para el sector eólico en México

Introducción

Con el actual contexto institucional mexicano, en particular con la Reforma Energética de 2013, se espera poder fortalecer la actividad de generación eléctrica, mediante una explotación más extensiva de las energías renovables y en donde la energía eólica tendrá un papel preponderante. Para que lo anterior sea una realidad, es necesario romper (o disminuir en la medida de lo posible) la inercia y la senda tecnológica de las energías convencionales e impulsar en mayor medida las tecnologías renovables.

Con la presentación de los casos de estudio para el análisis de capacidades tecnológicas se trató de subrayar la importancia que tiene la actuación combinada de los diferentes actores, tales como las diferentes organizaciones que participan en el sector eólico en México (tanto del sector público como privado), para poder incursionar en sendas de aprendizaje e innovación. Destacando que el proceso de innovación depende de las interacciones que crean y difunden nuevo conocimiento tecnológico aplicado en la economía. Es así que el conocimiento tecnológico y la construcción de capacidades tecnológicas en un nuevo sector industrial, como es el de la energía eólica en México, es crucial para dar respuesta a la demanda del sector, pero sobre todo para lograr ampliar la oferta de bienes y servicios tanto al mercado local como para el mercado internacional.

Es una realidad que la generación eolieléctrica en México tendrá una mayor penetración en los próximos años, a partir de los objetivos planteados tanto de mediano como de largo plazo, por tal motivo, resulta necesario que la industria local reconozca, y sobre todo aproveche las nuevas condiciones institucionales existentes y las estructuras industriales presentes con el objetivo de hacer de las capacidades tecnológicas con las que actualmente cuentan las diferentes organizaciones que participan el sector eólico en México, el detonante de una industria doméstica ligada al sector y que a su vez repercute en un mayor aprovechamiento de los recurso eólicos nacionales, diversificando así sus beneficios en las diferentes esferas productivas y sociales.

Según algunas proyecciones realizadas por la AMDEE, se espera que en el mediano plazo (2020-2022), se incremente en 5 veces la actual capacidad instalada. Lo cual, sin

duda, representa un reto importante para las actuales organizaciones que participan, o bien para aquellas organizaciones que tienen interés de participar en el sector, por tal motivo el desafío central es el fortalecimiento y acumulación más dinámica de capacidades tecnológicas que permitan la consolidación de una cadena de valor asociada al sector y que cuente con una mayor presencia de la industria nacional.

En este sentido, lo importante es que las capacidades tecnológicas con las que actualmente se cuentan logren ser detonadas para que el beneficio generado por el desarrollo de los proyectos eólicos en México se diversifique en mayor medida al interior del país, y no se concentre en las empresas extranjeras como ocurre actualmente. Hay que puntualizar que una de las principales estrategias tendría que ser la socialización de dichas capacidades mediante la cooperación entre las organizaciones de los diferentes sectores productivos y de investigación, aprovechando los marcos institucionales existentes. Es en este sentido, que la cooperación podría ser una de las alternativas para enfrentar las diferentes externalidades a las que se enfrentan las organizaciones, tales como los diferentes costos de transacción asociados al desarrollo de proyectos, principalmente derivados de la construcción de capacidades tecnológicas prioritarias para la consolidación de una industria eólica local

Por tal motivo, el objetivo del presente Capítulo es hacer un análisis de las perspectivas que actualmente presenta el sector eólico en México en la conformación de más y mejores capacidades tecnológicas locales esto desde la visión del Gobierno Federal (en adelante el Estado), de las entidades de educación superior y centros de I+D, ello a partir de las actuales modificaciones a los marcos normativos del sector eléctrico en México y desde la visión de las empresas (la cual se realiza a partir de la información recabada mediante entrevistas a algunas empresas clave).

Para lo anterior, en el primer apartado se presenta un breve análisis en torno al tema de los costos de transacción, considerando que es un tema que se encuentra presente en el desarrollo de las energías renovables en general y de la energía eólica en particular. En este tema, se hace énfasis en los costos de transacción derivados de la socialización de aprendizajes y de la construcción de capacidades tecnológicas, por lo tanto, se centra el análisis en la importancia de la cooperación como estrategia para reducir los costos de transacción asociados a la generación de capacidades tecnológicas locales.

En el segundo apartado se presenta en análisis sobre el tema de la construcción de

capacidades tecnológicas, esto desde la visión del Estado, de las entidades de educación superior y centros de I+D (el análisis se realiza a partir del CEMIE-Eólico) y desde la visión de las empresas.

6.1 Costos de transacción asociados al sector eólico en México

La racionalidad económica⁸⁷ de las organizaciones les obliga a plantearse como objetivo prioritario la optimización de sus recursos y la obtención de ganancias en el mercado, a ello se suma el dinamismo de los mercados actuales que eleva los niveles de competencia entre ellas, las cuales se ven en la necesidad de hacer un uso más intensivo de los recursos disponibles y minimizar costos por todas las vías posibles. El desarrollo de proyectos eólicos en México implica que las diferentes organizaciones participantes incurran en diversos costos de transacción, recordando que dichos costos son aquellos en los que se incurren las organizaciones por realizar un intercambio económico (una transacción en el mercado), esto bajo la primicia de la no competencia perfecta e información asimétrica.

De la misma manera las organizaciones incurren en diversos costos de transacción cuando dichas organizaciones buscan difundir determinados aprendizajes tecnológicos que buscan objetivos en común, como puede ser el caso de potencializar o fortalecer la construcción de mayores y/o mejores capacidades tecnológicas en beneficio de un sector productivo determinado. La difusión de dichos aprendizajes y capacidades tecnológicas implican diversos costos de transacción que no hacen operable dicho proceso, en este sentido, el concepto de cooperar toma un papel relevante, considerando que dicho concepto se refiere a “la acción de trabajar conjuntamente con otro u otros para el mismo fin” (un fin común), por lo que se puede considerar como una guía primordial para el establecimiento de vínculos entre personas, empresas o cualquier otro tipo de organización (Alvarado, 2013).

En este sentido, en el presente apartado se realiza un análisis de los costos de transacción asociados al desarrollo de proyectos eólicos en México, pero sobre todo se centra en subrayar la importancia de la cooperación entre las organizaciones como

⁸⁷ La racionalidad económica consiste en seleccionar entre diferentes alternativas. Esta selección o selecciones se refieren a objetos económicos (necesidades-recursos) y su orden se basa en estimaciones de valor y coste.

estrategia y/o alternativa para disminuir los costos de transacción asociados a la difusión del aprendizaje tecnológico entre las organizaciones y por lo tanto, a la construcción de capacidades tecnológicas.

6.1.1 Costos de transacción asociados al desarrollo de proyectos eólicos

Un elemento central en el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables y en el desempeño de las medidas encaminadas a la mejora de la eficiencia energética y de la reducción de las emisiones de CO₂, es el tema de los costes de transacción asociados a la implementación de este tipo de proyectos, ya que dichos costos se pueden traducir en que, en algunos casos, pueden llegar a suponer un verdadero obstáculo para el desarrollo y éxito de tales proyectos.

Hay que destacar que en general los proyectos de energías renovables se pueden enfrentar a costos relativamente mayores en comparación con los proyectos energéticos convencionales (basados en combustibles fósiles principalmente). Esto se debe, entre otras razones, a que:

1. Aun cuando muchos de los proyectos de energías renovables son pequeños, tienen que cumplir el mismo conjunto de trámites que los de mayor escala;
2. Las evaluaciones de impacto ambiental son más complejas que las de proyectos que utilizan combustibles fósiles, ya que los de energías renovables, por lo general, ocupan amplias extensiones de tierra (además de que las variedades de flora y fauna que deben ser consideradas en las evaluaciones); y
3. Hay poca experiencia para este tipo de evaluaciones (en particular para el caso de los parques eólicos en México y en general otras energías renovables). A su vez, para saber qué inversiones hacer para ahorrar energía, es preciso realizar algún tipo de diagnóstico energético, que permita cuantificar las inversiones necesarias y los ahorros que resultarían de esas inversiones, así como los beneficios económicos. Efectuar estos estudios tiene un costo -de transacción- que, en muchas ocasiones, son relativamente altos.

Dentro de los proyectos eólicos unos de los principales costos de transacción son los derivados de las barreras a la entrada para los desarrolladores de proyectos de gran escala. Las principales barreras a la entrada se describen a continuación:

▪ **Infraestructura de transmisión**

Una de las principales barreras en el desarrollo de proyectos eólicos de gran potencia en México han sido la falta de infraestructura de transmisión eléctrica, las restricciones de acceso y distancias para interconexión de proyectos a las redes eléctricas existentes en las regiones donde se desarrollan los proyectos, en donde en muchas ocasiones dichas zonas no cuentan con infraestructura básica suficiente (vías de acceso).

La Temporada Abierta fue la primera iniciativa para superar esta barrera, pero únicamente contemplaba la generación de 2500 MW de energía eólica. Lo cual es insuficiente según las proyecciones hechas para el 2020-2022 en el que se busca poner en funcionamiento 12,000 MW. Por tal motivo fue lanzada una nueva temporada abierta que garantice por lo menos 5,000 MW en diferentes Estados del país.

▪ **Arrendamiento de tierras**

El arrendamiento de tierras se ha convertido en uno de los principales problemas para el desarrollo de los proyectos eólicos en México, lo que ha llevado a que se desarrollen de manera más lenta, y en algunos casos hasta se ha impedido el desarrollo de algunos proyectos ya autorizados, ello por problemas con los propietarios de la tierra o los problemas para comprobar la propiedad de la misma por parte de algunos comunitarios.

Son muchos los elementos que inciden en esta barrera, entre ellas se mencionan:

- Desconocimiento y/o desinformación sobre los proyectos (respecto a los benéficos e impactos o simplemente porque la tecnología genera desconfianza).
- Una asesoría mal dirigida, u ausencia de ésta, por parte de los desarrolladores.
- Escasa difusión de las empresas desarrolladoras sobre los impactos reales (positivos como negativos) hacia los grupos sociales (o comunidades) directamente afectados.
- Problemas legales en la posesión de los terrenos, principalmente ejidales o comunales (alta regulación).
- Surgimiento de grupos de oposición (líderes o agitadores que buscan un beneficio personal).
- Impacto mediático negativo por falta de estudios previos de opinión pública que establezcan climas favorables al desarrollo de los proyectos.

Uno de los principales problemas de oposición y arrendamiento de tierras surge por acuerdos oportunistas realizados por parte de algunos desarrolladores hacia los propietarios de las terrenos, que en muchas ocasiones se sienten robados y/o engañados por la renta tan baja que reciben y/o contratos de arrendamientos no claros en torno al periodo de arrendamiento y los beneficios a obtener.

- **Disponibilidad y costo de la tecnología**

La disponibilidad de equipos eólicos ha sido muy volátil en los últimos años, al igual que sus precios, por el exceso de demanda de equipos en el Mundo y las capacidades limitadas de manufactura (concentrada en algunos países y empresas). Además considerando que el objetivo de las empresas que poseen aerogeneradores (como la mayoría de las empresas presentes en México), es vender electricidad principalmente, no vender aerogeneradores. A raíz de esta situación mundial, en México sólo poseen aerogeneradores las empresas que están en posición de realizar proyectos eólicos en el país principalmente bajo los esquemas de autoabastecimiento y PIE.

Por otra parte un aspecto muy importante en el contexto de la tecnología es que para el caso particular de la región del Istmo de Tehuantepec, como los vientos son muy intensos, se requieren aerogeneradores específicos para estos regímenes de viento y son pocos los fabricantes que cuentan con ellos (aunque es importante destacar que en los últimos años se ha solucionado este problema con generadores más adecuados y eficientes para las condiciones de viento persistentes en la del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca).

- **Altos costos de inversión y restricción crediticia**

El desarrollo de proyectos eólicos implica altos costos de inversión, por lo cual, sólo empresas de gran envergadura pueden participar en el sector, aunado a que las diferentes crisis económicas de los últimos años ha generado una contracción en el crédito. Ambas situaciones han provocado que algunos proyectos eólicos ya licitados y/ planeados se hayan retrasado.

- **Regulaciones y legislaciones**

Las regulaciones y legislaciones resultan ser un aspecto de gran relevancia ya que se tienen que cumplir con diversas regulaciones y legislaciones ante diferentes instancias, tanto en el proceso de planeación como en la ejecución del proyecto lo cual, en muchas ocasiones puede llegar a ser un desincentivo para el desarrollo de dichos proyectos (principalmente para aquellas empresas que no cuentan con la capacidad financiera y tecnológica).

Hay que destacar que las regulaciones pueden tener dos aspectos centrales en torno al

tema del aprovechamiento de las energías renovables, ya que éstas pueden funcionar como incentivo o un desincentivo en el aprovechamiento de dichas fuentes de energía. En México previo a la actual Reforma Energética (2013), fueron necesarias diversas modificaciones a los marcos normativos hasta entonces vigentes que permitieran la explotación de la energía eólica por parte del sector privado (ello mediante la modificación de la LSPEE en 1992 y el programa de Temporadas Abiertas), lo cual hizo posible tener un mayor desarrollo de proyectos eólicos entre el 2006 al 2012.

Hay que subrayando que si bien las reformas realizadas a las diferentes leyes para el aprovechamiento de los diferentes recursos energéticos renovables, han impulsado la explotación de la energía eólica en el país, también hay que destacar que su aprovechamiento se ha visto limitado hacia el sector público mexicano, ya que como se refleja en la actual Reforma Energética (2013), los objetivos centrales de la misma es seguir privilegiando la participación de los privados para la explotación recursos energéticos renovables. Lo anterior ha resultado ser una limitante para la consolidación de una industria eólica doméstica ya que no existe un marco normativo y sobre todo una política industrial fuerte que impulse un sector industrial asociado a esta fuentes de energía, como si ha sucedido en otros países (como es el caso de China y de manera más reciente en Brasil) y que han hecho de la energía eólica una fuente de desarrollo industrial local que genere más y mejores empleos.

Sin embargo hay que destacar que un aspecto central para internalizar los diferentes costos de transacción asociados a la energía eólica es la cooperación entre las diferentes organizaciones con interés de integrarse al sector eólico en México, lo cual puede ser fundamental para la generación de aprendizajes y la construcción de capacidades tecnológicas locales.

6.1.2 La cooperación como estrategia para reducir los costos de transacción derivados de la generación de capacidades tecnológicas

A la luz de la teoría de los costos de transacción, se reconoce que dadas las condiciones del mercado a las que se enfrentan las empresas, lejos de operar en forma individual y aislada, han creado paulatinamente, redes cooperativas, alianzas o fusiones que les permiten potencializar sus capacidades y aprovechar oportunidades que el mercado ofrece. Lo anterior con el fin de reducir los diversos costos de transacción asociados al sistema económico.

En cierta medida la cooperación entre empresas (y demás organizaciones) ha permitido que éstas replanteen sus estrategias y objetivos al explorar nuevas dimensiones como cooperar con sus competidores directos, colaboración táctica, con el fin de competir a escalas cada vez mayores, o cooperar con sus principales socios para hacer más eficiente la producción, minimizar costos, compartir riesgos y/o compartir capacidades tecnológicas y humanas (Alvarado, 2013).

A nivel de la empresa (y demás organizaciones), al perseguir sus intereses personales pueden entrar en conflicto con otras organizaciones, pero a la vez observan, que actuando cooperativamente es posible obtener una ganancia conjunta derivada de un esfuerzo colectivo, superior a la ganancia que pudieran alcanzar cada uno de ellos actuando por su cuenta (individualmente), es así que se plantea que mediante acuerdos cooperativos es posible obtener un mayor nivel de beneficios, como puede ser el caso aquí planteado, el de generar más y mejores capacidades tecnológicas que deriven en la consolidación de una industria local ligada al sector eólico.

Esto resulta relevante al considerar que en algunos de los casos de estudio analizados previamente, refieren que han creado diferentes acuerdos de colaboración con el fin de fortalecer aprendizajes tecnológicos derivados de sus actividades realizadas para el sector eólico en México, así como procesos de vinculación para la consolidación de diversas capacidades tecnológicas, tales como el desarrollo tecnológico, formación de recursos humanos y actividades de I+D.

Entre los objetivos para incursionar en procesos de cooperación y colaboración tecnológica por parte de las empresas, como es el caso de algunas de las organizaciones aquí analizadas, es poder replantear sus estrategias y objetivos individuales para explorar y explotar nuevas alternativas en el aprovechamiento de oportunidades que el creciente mercado eólico en México representa. Como se presentó en los casos de estudio analizados en el Capítulo 4 y 5, los acuerdos de colaboración van desde el interés por capacitar y formar recursos humanos hasta el desarrollo de diversos componentes, tecnologías y servicios.

Tal como lo describe Coase (1937), en el ambiente del mercado, el papel de la cooperación entre las diferentes organizaciones de determinado sector productivo es relevante ya que es en dicho ambiente donde las empresas confluyen en un proceso de competencia constante y donde los costos de transacción se hacen presentes en un

escenario de incertidumbre, por lo cual, la cooperación surge como una estrategia de reducir dichos costos de transacción, además de que es posible potencializar la formación de capacidades tecnológicas tanto individuales como colectivas, capacidades que pueden ser las más relevantes o prioritarias para dar respuesta a los requerimientos del sector estudiado.

Hay que destacar que la cooperación entre las organizaciones no es un acto espontáneo ni desinteresado, ya que los actos cooperativos buscan beneficios colectivos e individuales, que se ven determinados por diversos componentes y factores tales como: los sociales, los económicos, los institucionales y los medioambientales. Dentro de los principales objetivos en los procesos de cooperación de las organizaciones aquí estudiadas es poder incursionar y participar en el sector eólico en México sin dejar de lado su origen y funciones, sino incrementar sus opciones y posibilidades como organización.

La idea es que la cooperación entre las organizaciones dentro de una dimensión tecnológica (tanto en acuerdos de corto como de largo plazo), logren potencializar la consolidación y aprovechamiento de las ventanas de oportunidad que el nuevo sector presenta a un costo de transacción menor. Los costos son menores porque se disminuye la racionalidad limitada (reducir la incertidumbre) a la que se enfrentan las organizaciones al tratar de participar en un nuevo mercado o sector. La idea es expandir sus capacidades tecnológicas y utilizar de mejor manera los recursos con los que cuentan.

Destacando que cada empresa (organización) es un conjunto de conexiones con la tecnología, el personal y los métodos muy particulares e individuales, los cuales no pueden modificarse o imitarse con facilidad o rapidez, sin embargo mediante estrategias cooperativas, se vuelve un proceso más rápido y económico, obteniendo así mejores resultados. En este sentido, la conformación de una industria local ligada al sector eólico no es una tarea fácil ya que “las empresas y las industrias deben formar un patrón de organización económica que tome en cuenta la necesidad de adquirir conocimientos en forma más especializada” (Demsetz, 1996: 242). Demsetz (1996), destaca además que mientras mayor sea el número de cuerpos de conocimiento diferentes que se requieren para producir un determinado bien (o servicio), o más especializado sea el conocimiento requerido, mayor será la utilización de estructuras colaborativas, potencializando de esta manera los beneficios.

Las capacidades tecnológicas con las que cuentan actualmente las organizaciones

estudiadas pueden ser potencializadas (y construir nuevas), a un menor costo de transacción siempre y cuando se establezca el interés de los diferentes agentes por cooperar con la finalidad de obtener y generar más y mejor conocimiento tecnológico derivado de las tecnologías y servicios ya existentes en el mercado, con el fin de aprovecharlas y adecuarlas a las condiciones específicas del sector en México.

De aquí la importancia de que las diferentes organizaciones sean capaces de establecer vínculos de cooperación para generar un mayor dinamismo tecnológico, que incida positivamente para enfrentar los diferentes requerimientos del sector y disminuir en la medida de lo posible costos de transacción derivados del desarrollo de un nuevo sector productivo, costos tales como los derivados de los procesos burocráticos a los que se enfrentan las empresas para el desarrollo de sus diferentes actividades. La idea es que la cooperación promueva los intereses comunes, como es el de la construcción de capacidades tecnológicas prioritarias a un menor costo y lograr un papel preponderante dentro de la cadena de valor del sector (principalmente para las empresas locales).

La construcción de mejores capacidades tecnológicas y la consolidación de una industria local incluyen, por lo tanto, el aprovechamiento de los recursos internos y externos aprovechando los recursos productivos disponibles con el fin de generar y obtener mayor valor agregado. Es así que el comportamiento colaborativo puede ser un pilar para potencializar las capacidades tecnológicas en el aprovechamiento de las oportunidades productivas.

A partir de los conceptos anteriormente presentados y en base a los resultados obtenidos de los estudios de caso presentados en los Capítulos 4 y 5, en el siguiente apartado se presenta un análisis sobre las perspectivas en la conformación de capacidades tecnológicas en el sector eólico, esto desde la visión del Estado, de la visión de las entidades de educación superior y centros de I+D y finalmente desde la visión de las empresas.

6.2 Análisis de perspectivas para el sector eólico en México

La necesidad de generar mecanismos y estrategias a partir de los diferentes marcos institucionales, las entidades de Gobierno, las empresas y las instituciones de educación

e I+D que permitan generar condiciones para hacer frente a los requerimientos de los futuros desarrollos eólicos, requiere de estrategias que involucren la formación de recursos humanos y la generación de tecnologías locales para evitar (o disminuir) en la medida de lo posible la dependencia que se tiene hacia el exterior (tanto del sector tecnológico como del sector servicios). El reto es hacer de la energía eólica no sólo una fuente de abasto eléctrico sustentable sino una fuente de empleos y desarrollo económico local.

Lo anterior considerando que el 100% de los aerogeneradores instalados en México provienen del extranjero, así como el desarrollo de los principales proyectos provienen principalmente de la inversión privada del exterior, dominada principalmente por España. Por ejemplo el caso de la empresa Iberdrola la cual cuentan con 230 megavatios eólicos instalados y que además al finalizar el 2014 inicio la construcción del parque eólico Pier II, que contará con 33 aerogeneradores de la empresa Gamesa y que sumará una potencia total de 66 megavatios.⁸⁸ El proyecto lo lleva a cabo junto a la empresa mexicana Impulsora Latinoamericana de Energías (Iler), con la que también ha firmado un acuerdo para construir conjuntamente hasta 366 megavatios en los próximos años mediante el denominado Complejo Eólico de Puebla, con una inversión estimada de 120 millones de dólares⁸⁹.

En lo que respecta a la empresa Acciona Energía, la compañía dispone de la mayor capacidad eólica instalada en México con cuatro parques que suman una potencia de 556 MW. La firma también está inmersa en la consecución de varios proyectos eólicos para otros clientes. En el segundo trimestre de 2014 comenzó la construcción de dos parques más el “Ventika I” y el “Ventika II”, en Nuevo León, para la sociedad formada por Fistera Energy, Cemex e inversores privados para una capacidad instalada de 252 MW, en los que invertirá 470 millones de euros y que se espera estén operando en el segundo trimestre de 2016. Además al finalizar el 2014, la empresa firmó un contrato con el consorcio integrado por las compañías Actis y Comexhidro para el diseño, ingeniería y

⁸⁸ La gran peculiaridad de esta instalación es que ha sido el primer parque eólico que Iberdrola ha diseñado a través de supercomputación, mediante el sistema SEDAR (Simulación Eólica de Alta Resolución), una innovadora herramienta que permite ubicar a los aerogeneradores en los lugares con mayor producción energética potencial mediante un análisis que contempla toda la vida útil de la instalación y para lo que se ha utilizado el superordenador más importante de España y uno de los más potentes del mundo, el MareNostrum.

⁸⁹ Datos retomados de Redacción-El Universal del 28 de diciembre de 2014, disponible en <http://www.amdee.org/noticias-energia-eolica/en-desarrollo-proyectos-eolicos-en-mexico>, y complementado con información de la situación eólica en México presentada en el apartado 3.4.1.

construcción llave en mano del proyecto eólico “Ingenio”, de 49.5 MW en el Istmo de Tehuantepec, por un importe de 84 millones de euros, y se espera esté concluido en el cuarto trimestre de 2015⁹⁰.

Por otra parte la empresa española Gamesa es actualmente (al finalizar 2014) el primer fabricante de turbinas eólicas en México, con una cuota de mercado cercana al 60% en el 2014, la cartera de Gamesa está formada por un total de 1,360 MW instalados; 1,000 MW en operación y mantenimiento; 250 MW promocionados, construidos y puestos en marcha y 70 MW en construcción. A inicios de 2015 Gamesa llegó a un acuerdo con el grupo financiero Santander para el desarrollo conjunto de proyectos eólicos en Oaxaca, que sumarian hasta 500 MW en tres años y que se desarrollarán bajo el esquema de autoabastecimiento. En 2014, la empresa también anunció la venta de un parque eólico de 74 MW al Grupo México y un contrato con una empresa europea de 100 MW para un parque ubicado en el centro del país. Finalmente, otra empresa española con intereses en el sector eólico en México es Renovalia Energy, propietaria del parque eólico de Piedra Larga situado en Oaxaca, de 228 megavatios y dividido en dos fases, empresa que además espera seguir teniendo una mayor presencia en los últimos años con el desarrollo de nuevos proyectos⁹¹.

El desarrollo de dichos proyectos por parte de empresas extranjeras y las inversiones que representan, son sin lugar a dudas de suma importancia, sin embargo hay que destacar que los beneficios que estos proyectos generan, tendrían que diversificarse hacia los sectores industriales locales y a la población en general, ello mediante la creación de más y mejores empleos, no sólo para la operación y mantenimiento de los parques sino en la generación de empleos dentro de todos los eslabones de la cadena de valor, es decir tanto en la manufactura de componentes y equipos como en la prestación de servicios con un mayor valor agregado. Lo cual requiere necesariamente de la construcción y acumulación de diversas capacidades tecnológicas por parte de las diferentes organizaciones locales, capacidades que tienen que ser desarrolladas de manera más acelerada.

Según diversas proyecciones del Gobierno Federal, se prevé que el sector eólico será un sector muy dinámico que demande importantes inversiones, en el conjunto de las diferentes tecnologías, ello con el apoyo de la actual Reforma Energética, por ejemplo el

⁹⁰ *Ibidem.*

⁹¹ *Ibidem.*

Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2012-2026 (POISE), destaca que en el horizonte de planeación para las nuevas instalaciones eléctricas con base a las energías renovables se considera la entrada en operación de un bloque importante de generación a partir de proyectos eólicos. En este sentido, el POISE (2013) destaca que aun cuando el uso de esta fuente de energía es apenas incipiente en comparación con el potencia estimado con el que cuenta México, se prevé un auge importante en los próximos años, sobre todo en la región donde actualmente se ubican la mayoría de los proyectos, es decir en la región del Istmo de Tehuantepec, en el Estado de Oaxaca, y además de seguir explorando otras regiones de la República recientemente exploradas, como, Baja California, Chiapas, Nuevo León, Tamaulipas, Guadalajara, entre otros.

El mencionado Programa busca que se sigan incrementado las inversiones tanto del sector privado como del sector público con el fin de disminuir la dependencia a los combustibles fósiles, es así que para el mediano y largo plazo, se esperan adiciones de capacidad instalada de nuevas tecnologías limpias, además de la incorporación de dispositivos de captura y secuestro de CO₂ en centrales de ciclo combinado y carboeléctricas.

El 25 de febrero de 2015, al inaugurarse el congreso "*Mexico WindPower 2015*" en la Ciudad de México, el Secretario de Energía Pedro Joaquín Coldwell, destacó que la Reforma Energética buscará facilitar la participación de nuevos competidores en este sector y por lo tanto, un desarrollo más acelerado de las energías renovables y de manera especial a la energía eólica, dando mayor certidumbre a los inversionistas mediante los certificados de energías limpias, derechos financieros de transmisión, etc. Pero para lograr esto, el reto urgente para el corto y mediano plazo, es consolidar el sector eólico, y que genere una mayor competencia en beneficio de la industria local lo cual, requiere de construir capacidades tecnológicas locales que permitan diversificar los beneficios que el sector genera.

En este tenor a continuación se presenta un breve análisis en torno al tema de las perspectivas que se tienen en el aprovechamiento de la energía eólica y en el desarrollo de mayores capacidades tecnológicas en el sector, esto desde la visión del Estado, desde la visión y los esfuerzos de las universidades y los centros de I+D y finalmente desde la visión de las empresas.

6.2.1 Perspectivas de las capacidades tecnológicas en el sector eólico “La visión del Estado”

Desde la perspectivas del Estado y a partir del nuevo marco institucional, se prevé que las energías renovables vayan obteniendo cada vez mayor presencia en el sector eléctrico nacional, y en donde se espera que la energía eólica siga teniendo un papel preponderante dentro de esta estrategia. Recordemos que a partir de la entrada en vigor de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética en 2008 (LAERFTE) y con las últimas reformas realizadas a esta ley en 2013 y la Ley General de Cambio Climático (LGCC, 2012), se fijaron diversas metas que inciden directamente en la planeación del sector eléctrico y, por lo tanto, deben ser consideradas por la CFE en sus programas de expansión y aprovechamiento de los recursos energéticos renovables y el retiro de centrales de generación a base de combustibles fósiles. Las metas de la Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027, con base a las leyes ya mencionadas se presentan en el siguiente Cuadro.

Cuadro 52: Metas del sector eléctrico en México

Ley	Metas	Año
Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética	65% máximo de generación con fuentes de energía fósiles	2024
	60% máximo de generación con fuentes de energía fósiles	2035
	50% máximo de generación con fuentes de energía fósiles	2050
Ley General de Cambio Climático	38% como mínimo de generación con fuentes limpias	2024
	Constitución de un sistema de incentivos que promueva y haga rentable la generación de electricidad a través de energías renovables, como: eólica, solar y mini hidráulica	2020
	Desarrollo y construcción de infraestructura para el manejo de residuos sólidos que no emitan metano a la atmósfera con centros urbanos de más de cincuenta mil habitantes, y cuando sea viable, implementarán tecnología para la generación de energía eléctrica a partir de emisiones de gas metano	2018

Fuente: Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027 (SENER, 2013).

Hay que destacar que para el conjunto de las energías renovables, la tendencia del uso de energía eólica se ha incrementado a una tasa de 69.8% en los últimos años, y se

espera que para el 2017, se presente un cambio aún más sustancial en la trayectoria del consumo autoabastecido, esto asociado a la entrada en operación de los proyectos de autoabastecimiento y producción independiente de energía con tecnología eólica de generación, considerados para las temporadas abiertas en Oaxaca (segunda temporada), Tamaulipas y Mexicali en Baja California; que en total suman 3.7 GWh.

Según el programa de Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027 de la SENER, para disminuir a 65% entre 2024 y 2027 la participación de generación con combustibles fósiles en la producción de electricidad, resultado del ejercicio de planificación de mínimo costo, una estimación preliminar sería desplazar 56 TWh y 67 TWh, respectivamente de generación fósil por no fósil. Para ello, se sustituiría la generación de ciclos combinados y Tecnologías de Carbón Limpio (TCL) por las de centrales nucleares y tecnologías con fuentes de energía renovables, principalmente eólica, y su correspondiente respaldo. Es importante destacar que son los proyectos basados en tecnología eólica de donde se pretende tener mayores resultados, para el primer año de ajustes al programa (2020) se espera una participación eólica de 50.1% del total de la capacidad neta. Por otro lado, la tecnología de ciclo combinado reduciría su participación a tan sólo 33.1%, seguido por la turbogás con 13.5%, hidroeléctrica con 2.2% y finalmente tecnología geotérmica con 1.1% del total de 6,107 MW que se espera obtener para el año de inicio del programa.

La energía eólica ha sido la que mayor expansión ha tenido dentro de las energías renovables (sin contar la gran hidráulica) en los últimos años tanto en México como en el Mundo, lo que ha hecho de ésta tecnología una alternativa cada vez más rentable, considerando que el costo nivelado de la energía eólica puede variar significativamente de acuerdo a la calidad del viento, el costo de inversión, los requerimientos de operación y mantenimiento, los costos de capital, así como las mejoras tecnológicas impulsadas por altos factores de capacidad. Los recientes avances tecnológicos han hecho posible que los equipos con alturas superiores de hélice y rotores largos ofrezcan mayor captura de energía, sin embargo estos factores han incrementado su costo de inversión. Además de que existe otro factor importante a considerar, como es los costos asociados a trasladar la tecnología desde donde se desarrolla (principalmente en Europa) a los lugares donde se ubicaran los proyectos, en este sentido resulta relevante ubicar una industria ligada al aprovechamiento de esta fuente de energía en el propio país donde son desarrollados los proyectos, más aun cuando existe un importante potencial por explotar, como es el caso de México. A continuación, los siguientes cuadros se presenta cual es la proyección de

corto plazo en el aprovechamiento de la energía eólica en México, según el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables (PEAER, 2013).

Cuadro 53: Estimación del crecimiento anual de la capacidad instalada eólica en México (2015-2018)

Año	Capacidad de generación eléctrica (MW)
2015	3,337
2016	3,840
2017	8,722
2018	8,922

Fuente: (PEAER, 2013).

Cuadro 54: Estimación del crecimiento anual de generación eoloeléctrica en México (2015-2018)

Año	Generación eléctrica (GWh/año)
2015	10,232
2016	11,773
2017	26,742
2018	27,355

Fuente: (PEAER, 2013).

Con lo anterior el Estado quiere dejar en claro el interés que existe para la explotación de la energía eólica en México, principalmente por la iniciativa privada, por lo anterior, es necesario que diversos sectores de la sociedad y los diferentes sectores productivos se involucren para seguir desarrollando capacidades tecnológicas locales en el sector, para que la mayor parte de los beneficios derivados de estos grandes proyectos se queden en el país.

Para una mayor participación del sector industrial local la LAERFTE, propone la creación de fondos y fideicomisos por parte del Estado que tengan por objeto apoyar la investigación, promoción y aprovechamiento de investigación científica y tecnológica en materia de energía renovable y garantizar así los objetivos de la transición energética hacia un uso más extensivo de los energéticos renovables. De la misma manera con la aplicación de la Reforma Energética (2013), se plantea construir capacidades tecnológicas locales a partir de estrategias tales como:

- Una mayor apertura hacia la inversión (tanto nacional como del exterior) y

competencia;

- Perspectivas claras sobre las trayectorias de ampliación del mercado para las energías renovables;
- Promoción de la interacción con la autoridad y comunidades para la gestión social de los proyectos;
- Mecanismos más eficientes de mercado para incentivar la inversión (tanto para el desarrollo de proyectos como para la industria manufacturera y de servicios asociados al sector);
- Y promoción de proyectos para la generación distribuida.

De esta manera se busca que los sectores públicos y privados fomenten la explotación de los recursos energéticos renovables con los incentivos generados por los Certificados de Energías Limpias, con los cuales se busca generar las condiciones de certidumbre que favorezcan el desarrollo del sector.

Dentro de los objetivos y metas de la Prospectiva de Energías Renovables (2014-2028) (SENER, 2014a), además se busca incrementar la participación de las energías renovables dentro del sector energético, plantean impulsar el desarrollo tecnológico, el talento (recursos humanos) y de cadenas de valor asociadas al sector. Ya que plantean la necesidad de contar con un mayor desarrollo de empleos verdes y de alta productividad, un incremento en las bases del crecimiento endógeno y el crecimiento de la base exportadora y la contribución al desarrollo de una economía del conocimiento. Pero sin lugar a dudas para alcanzar dicho objetivo urge impulsar una política industrial que incentive el desarrollo de una cadena de valor nacional asociada al sector de las energías renovables. Según el mencionado documento, el objetivo de impulsar cadenas locales de valor es doble: por un lado, se encuentra la posibilidad de generar empleo, actividad económica e impuestos, y por otro, es posible reducir costos de desarrollo de proyectos de generación. Este último fenómeno sólo ocurre cuando se adoptan reglas de mercado que garanticen que los productos y servicios que provienen de cadenas de valor son globalmente competitivos y, en efecto, reducen costos de los proyectos en lugar de incrementarlos.

Además hay que destacar que los porcentajes mínimos de contenido nacional tanto para el área de tecnologías como de servicios no quedan claramente establecidos, lo cual es un elemento central para estimular una mayor participación de la industria local.

Sin embargo, como estrategia de Estado para el desarrollo de capacidades tecnológicas en el sector de las energías renovables, la Secretaría de Economía (SE) cuenta con el Programa de Desarrollo de las Industrias de Alta Tecnología (PRODIAT), que hasta el momento se aprovecha en la industria solar, pero podría ser aprovechado por otros sectores tecnológicos, con el fin de generar los diagnósticos estratégicos sobre las barreras del mercado que impiden el desarrollo de mayores componentes de las cadenas de valor competitivas (SENER, 2014a).

Por otra parte, en el marco de la Ley de Ciencia y Tecnología, en el sector energía, existe el Fondo Sectorial SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética (FSE), instrumento creado para impulsar la investigación científica y tecnológica aplicada, así como la adopción, innovación, asimilación y desarrollo tecnológico en cuatro líneas: 1) eficiencia energética; 2) fuentes renovables de energía; 3) uso de tecnologías limpias y 4) diversificación de fuentes primarias de energía. El Fondo cuenta con dos iniciativas insignia: los Centros Mexicanos de Innovación en Energía (CEMIEs) y el Laboratorio de Innovación en Sustentabilidad Energética, el CEMIE-Eólico será abordado más ampliamente en el próximo sub-apartado.

El Estado por lo menos en el papel, destaca la necesidad de construir capacidades tecnológicas locales que detonen en innovaciones a favor del crecimiento económico y la competitividad. Así es que mediante el nuevo marco institucional, el Estado plantea que buscará mejorar el proceso de intercambio de conocimiento de los centros de I+D y universidades hacia la industria y el mercado. Las iniciativas públicas que buscan mejorar el desarrollo económico tienen como objetivo identificar e incentivar las actividades y actores involucrados, los factores que afectan la demanda de tecnologías en el mercado y los mecanismos y apoyos gubernamentales con los que se dispone. Sin embargo, el reto es impulsar la productividad de la economía y promover la generación de nuevos mercados. Para el sector eólico en particular esto será posible, siempre y cuando se logre amalgamar las capacidades de los diferentes participantes, como entidades de Gobierno, universidades, sectores productivos centros de I+D, institutos tecnológicos, centros de capacitación, instituciones financieras y demás organismos que fomenten el emprendimiento y la innovación dentro del sector.

También como estrategia de Estado se creó el Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética (PEFRHME, 2014), cuyo objetivo general es

que México aproveche y potencie su talento para apoyar el desarrollo de un sector de energía más atractivo, dinámico y competitivo. Para ello, plantea que es necesario cerrar la brecha entre la oferta y la demanda de especialistas capaces de desempeñarse activamente en el sector energético en los próximos años, tanto en la cantidad como con la calidad y las formaciones requeridas. El diseño del programa estuvo a cargo del CONACYT, la Secretaría de Energía y la Secretaría de Educación Pública (SEP).

El programa busca dar respuesta al entorno de una mayor complejidad tecnológica en la producción, transporte y transformación de hidrocarburos, al imperativo de acceder y desarrollar energías limpias y renovables, así como al recambio generacional en las Empresas Productivas del Estado (PEMEX y CFE).

En la visión del Estado, se prevé que en los próximos cuatro años, la industria generará un mínimo de 135 mil empleos directos y 365 mil empleos indirectos y que tenga un efecto multiplicador en el resto de la economía. Para lo cual, las principales acciones del Programa Estratégico, se concentrarán en el otorgamiento de más de 60 mil becas de nivel técnico, superior, especializaciones, posgrado e idiomas, para la preparación de especialistas en el sector. Los objetivos específicos del programa son:

1. Estimular la ampliación de una oferta educativa de calidad y pertinencia.
2. Fomentar la formación de capital humano especializado y de alto nivel.
3. Incrementar la oferta de programas para la reconversión de técnicos y profesionales.
4. Fomentar la oferta de programas de adiestramiento y certificación de competencias.
5. Crear o consolidar centros de adiestramiento en las empresas del sector y establecer una campaña de formación y actualización.

Dentro de los apoyos para la formación de recursos humanos para el sector eólico se concentraran en el CEMIE-Eólico.

Finalmente hay que destacar que si bien, como se ha demostrado en el análisis presentado en el presente trabajo, se han logrado construir diferentes capacidades tecnológicas en el sector, ésta capacidades son insuficientes para la conformación de una industria doméstica, en ese sentido la urgencia de ir conformando más y mejores capacidades tecnológicas que logren dar respuesta a las proyecciones de crecimiento del

sector, y en donde el papel del Estado es central para alcanzar tales objetivos. Lo importante es que los diferentes programas logren alcanzar sus objetivos de impulsar un mayor desarrollo de capacidades tecnológicas locales en el sector.

Ahora en el siguiente apartado se presenta un análisis desde la visión de las universidades y los centros de I+D en la construcción de capacidades tecnológicas, el cual hay que aclarar va muy ligada a la visión del Estado ya que el análisis se realiza respecto al CEMIE-Eólico, que como se mencionó anteriormente es una iniciativa del Gobierno Federal para construir y fortalecer diversas capacidades tecnológicas.

6.2.2 Perspectivas de las capacidades tecnológicas en el sector eólico “La visión de las entidades de educación superior y centros de I+D”

El impulso a la vinculación y consolidación de capacidades tecnológicas resulta un elemento central que permitirá al sector energético en general y a las energías renovables en particular, contar con las condiciones científicas, tecnológicas y de innovación suficientes para desarrollar las soluciones tecnológicas que el país necesita. El aprovechamiento de las energías renovables es una de las principales áreas de la investigación en donde la comunidad científico-tecnológica del país ha enfocado parte de sus esfuerzos desde hace varios años (pero que se requiere de mayores esfuerzos). México cuenta con diversas capacidades tecnológicas en las diferentes fuentes renovables de energía (en mayor o en menor medida dependiendo de la fuente de energía), sin embargo es una realidad que dichas capacidades requieren del fortalecimiento, consolidación y vinculación (socialización), con el fin de alinearlas y potencializarlas en beneficio de un mayor beneficio ambiental, social y económico.

De esta manera es que los CEMIEs⁹², buscan incidir favorablemente en el aprovechamiento de las energías renovables, la consolidación y vinculación de las capacidades científicas y tecnológicas existentes en la materia, y la consecuente formación de recursos humanos especializados (principalmente aéreas de mayor valor agregado dentro de la cadena de valor), así como el fortalecimiento de infraestructura para la investigación y la innovación tecnológica. Dicha iniciativa, está basada en algunas de las mejores prácticas internacionales, y se fundamenta en la premisa de impulsar un

⁹² Los Centros se desarrollan en las áreas de Geotérmica, Solar, Bioenergía, Océano y claro Eólico.

modelo innovador. Así es que los CEMIEs son un primer paso hacia la investigación y el desarrollo tecnológico del sector energético sustentado en la innovación mediante la interacción de diferentes agentes tanto del sector productivo pero principalmente del de educación e I+D. Los Centros son proyectos nacionales, integrales e incluyentes y multidisciplinarios que comprenden la conformación de consorcios en donde se busca conjuntar y alinear las capacidades nacionales existentes y construir nuevas. En ellos participan instituciones de educación superior, centros de I+D, empresas y otros. Dentro de sus principales funciones se encuentra la planeación científico-tecnológica de mediano y largo plazo enfocada en desarrollar, innovar y aprovechar cada una de las tecnologías renovables presentes en México. También buscan desarrollar un portafolio de proyectos y acciones estratégicas que favorezcan la obtención de resultados de mayor valor para el sector energético del país, la formación de recursos humanos cada vez más especializados, el fortalecimiento de la infraestructura de investigación y vinculación de la academia con la industria (SENER, 2014a).

De esta manera es que como una estrategia de cooperación entre diversas organizaciones (públicas, privadas, del sector productivo y educativo) para el desarrollo tecnológico en el sector eólico en México se crea en 2013 el Fondo CONACYT-SENER-Sustentabilidad Energética (FSE), el cual publicó una convocatoria para conformar un Centro Mexicano de Innovación en Energía Eólica (CEMIE-Eólico⁹³), donde los objetivos centrales fueron la integración de un consorcio que genere sinergias en favor del aprovechamiento de la energía eólica en el país, incluyendo la planeación científico-tecnológica en el mediano y largo plazo para el conocimiento, dominio y uso favorable de la energía eólica. Asimismo, se presenta como el medio para lograr el desarrollo y la consolidación de capacidades tecnológicas, la vinculación entre las instituciones y las empresas, el CEMIE-Eólico incluye la ejecución de proyectos estratégicos que propicien la consecución de resultados de valor para el sector energético del País. Las principales líneas de investigación del centro se presentan en el siguiente Cuadro.

⁹³ Información disponible en: <http://evaluarer.iie.org.mx:8080/cemie> (fecha de consulta: junio de 2014).

Cuadro 55: Principales líneas de investigación del CEMIE-Eólico

Líneas de investigación	Aerogeneradores.
	Integración a red.
	Formación de recursos humanos especializados.
	Aerodinámica y aero elástica.
	Materiales y recubrimientos.
	Recurso eólico.
	Aplicaciones de inteligencia artificial y mecatrónica.
	Almacenamiento de energía.
	Pruebas, validación de diseño de viento libre y certificación o acreditación de sistemas, subsistemas o componentes para aerogeneradores de mediana capacidad.

Fuente: SENER (2014a).

El consorcio se encuentra liderado por el IIE y está integrado 32 miembros, los cuales corresponden a 6 centros públicos de investigación; 14 instituciones de educación superior; 10 empresas y fundaciones; 1 centro de investigación extranjera y 1 entidad de Gobierno (Estado de Oaxaca), así como dos organizaciones multilaterales que aportarán recursos económicos, estas organizaciones son Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés) y el Banco Interamericano para el Desarrollo (BID). En el siguiente Cuadro se presentan quiénes son esos miembros iniciales del consorcio.

Cuadro 56: Socios iniciales del Consorcio

Entidad	Nombre	Sector	País
Centros de investigación	Instituto de Investigaciones Eléctricas IIE	Público (SENER)	MEX
	Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI)	Público (CONACYT)	MEX
	Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ, A.C.)	Público (CONACYT)	MEX
	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional- Unidad Saltillo (CINVESTAV - Saltillo)	Público (IPN)	MEX
	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE)	Público (CONACYT)	MEX
	Instituto Nacional de Astrofísica y Óptica Electrónica (INAOE)	Público (CONACYT)	MEX
	Universidad del Istmo (UNISTMO)	Público	MEX
	Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ)	Público	MEX
	Instituto Tecnológico de La Laguna (ITL)	Público (SEP)	MEX
	Universidad Veracruzana (UV)	Público	MEX

Instituciones de educación superior	Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT)	Público	MEX
	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMICH)	Público	MEX
	Universidad Politécnica de Chiapas (UPCH)	Público	MEX
	Instituto Tecnológico del Istmo (ITI)	Público (SEP)	MEX
	Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT)	Público	MEX
	Instituto Tecnológico de Chihuahua (ITCH)	Público (SEP)	MEX
	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM)	Privado	MEX
	Instituto Tecnológico Sanmiguelense de Educación Superior (ITSES)	Privado	MEX
	Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ)	Público	MEX
	Universidad Tecnológica de Valles Centrales de Oaxaca (UTVCO)	Público	MEX
Empresas y fundaciones	POSTENSA WIND STRUCTURES	Privado	MEX
	MANUFACTURERA DE CIGÜEÑALES DE MÉXICO S.A. DE C.V	Privado	MEX
	POTENCIA INDUSTRIAL S.A.	Privado	MEX
	GL GARRAD HASSAN DE MÉXICO	Privado	INTL
	GESA EÓLICA MEXICO S.A. de C.V (GAMESA)	Privado	ESP
	TECNALIA RESEARCH & INNOVATION	Privado	ESP
	INGENIERÍA Y MANUFACTURAS ELÉCTRICAS S.A. DE C.V.	Privado	MEX
	INDUSTRIAL FRICTION MATERIALS S.A. de C.V.	Privado	MEX
	PROLEC GE INTERNACIONAL S DE RL DE C.V.	Privado	MEX
KOMAIHALTEC, INC	Privado	JP	
Centros de Investigación o Univ. Extranjeras	Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)	Público	ESP
Entidades de Gobierno	Secretaría de Turismo y Desarrollo Económico del Gobierno del Estado de Oaxaca	Público (Gobierno del Estado de Oaxaca)	MEX

Fuente: Plan General del CEMIE-Eólico (2014) disponible en <http://evaluarer.iee.org.mx:8080/cemie>

Cabe destacar que la incorporación del grupo de miembros iniciales fue el resultado de: 1) las respuestas positivas que se obtuvieron a las invitaciones específicas que realizó el propio IIE y 2) las solicitudes que recibió el IIE por parte de las organizaciones que estaban interesadas en participar. Con la conformación de este primer grupo de trabajo del CEMIE-Eólico, la distribución geográfica quedó conformada de la forma en que se presenta en la Figura 49.

Figura 49: Distribución geográfica de los miembros iniciales del CIMIE-Eólico



Fuente: CEMIE-Eólico, disponible en: <http://evaluarer.iiie.org.mx:8080/cemie>.

La administración del CEMIE-Eólico se realiza a través del IIE quien funge como “Sujeto de Apoyo”, recibe los recursos para el proyecto y se encargará de su ejercicio y de su distribución a los participantes del consorcio de acuerdo con los lineamientos aplicables y con los planes estratégico y operativo del CEMIE-Eólico, así como de acuerdo con las modificaciones, adecuaciones o actualizaciones que se hagan a dichos planes como consecuencia de los acuerdos que tome el Grupo Directivo del CEMIE-Eólico. Hay que puntualizar que la estructura organizacional del consorcio incluye un Grupo Directivo; un Grupo Operativo; un Equipo de Ejecución de Proyectos Estratégicos y un Equipo de Investigadores Líderes.

Los ejes rectores del consorcio se expresan en la misión, visión y objetivos que se presentan en el Cuadro 57.

Cuadro 57: Misión, Visión y Objetivos del CEMIE-Eólico

Misión	Ser referente en el desarrollo de tecnología y conocimiento en materia de energía eólica y contribuir al aprovechamiento de ésta como una de las fuentes de energía renovable más utilizadas del país.
Visión	Contar con conocimiento unificado en materia de energía eólica y generar sinergias que permitan orientar las actividades de innovación, investigación y desarrollo tecnológico con el fin de contribuir al fortalecimiento de la industria eólica del país.
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Promover el aprovechamiento de sinergias mediante el establecimiento de una alianza multidisciplinaria, participativa y dinámica que se encargue de establecer, desarrollar y adecuar un plan de acción enfocado a abatir las barreras y los retos científicos y tecnológicos que enfrenta el país para el aprovechamiento sustentable de la energía eólica. • Desarrollar una cartera de proyectos estratégicos específicos derivados de este plan. • Expandir y fortalecer las capacidades de investigación científica y tecnológica. • Fomentar la formación de recursos humanos especializados. • Vincular el ámbito académico con el industrial.

Fuente: CEMIE-Eólico, disponible en: <http://evaluarer.iee.org.mx:8080/cemie>.

Con la conformación del CEMIE-Eólico, se busca lograr desarrollar diversas innovaciones para la energía eólica en México, actualmente para el inicio de trabajos del consorcio se cuenta con 13 proyectos a realizarse en diferentes organizaciones participantes, los cuales se presenta brevemente en el siguiente Cuadro:

Cuadro 58: Proyectos iniciales del CEMIE-Eólico

No. de proyecto	Título del proyecto	Tipo de proyecto	Organizaciones participantes
P01	Adquisición y fabricación de componentes para la integración de un aerogenerador prototipo de potencia media, de concepto amigable a la red	Multipropósito: Consolidación de capacidades para el desarrollo de aerogeneradores de mediana capacidad, formación de recursos humanos, asimilación tecnológica, vinculación con el sector privado, desarrollo tecnológico	IIE, CIATEQ A.C., Potencia Industrial y el BID-GEF
P02	Investigación y desarrollo de métodos automatizados para el acomodo de capas de materiales compuestos aplicado a la manufactura de palas	Investigación aplicada	CIDESI
P03	Diseño de rotores para aerogeneradores de eje horizontal,	Investigación aplicada	CIDESI

	con incorporación de una de tres opciones de innovación Aero elástica, incluyendo construcción y prueba de una sección		
P07	Integración y consolidación de capacidades nacionales para desarrollo de pequeños aerogeneradores, mediante el diseño, construcción y pruebas exhaustivas un aerogenerador de con capacidad de 20 KW	Multipropósito: Asimilación de conocimiento, métodos y normatividad; desarrollo tecnológico, formación de recursos humanos; integración de paquete tecnológico; medio para generación de información, medio de prueba de subsistemas y componentes a desarrollar en proyectos del CEMIE-Eólico; medio para creación de sinergia y vinculación academia-empresa, medio para asimilación de normatividad y de procesos de prueba y certificación, medio para asimilar los procesos de transferencia de tecnología de pequeños aerogeneradores.	CIATEQ A.C., UNISTMO, UPCH, ITL, ITSES y CIDESI
P08	Diseño y construcción de un aerogenerador experimental con capacidad de 3 KW y desarrollo de software de simulación en realidad virtual, con fines didácticos	Formación de recursos humanos	UNISTMO, UPCH, ITI y UAZ
P09	Desarrollo de aspas para pequeños aerogeneradores (hasta 50 KW)	Asimilación, investigación aplicada, innovación y desarrollo tecnológico	CIATEQ A.C., UAQ, UMICH y CIDESI
P10	Diseño, Análisis y Construcción de Generadores Eléctricos Síncronos de Imanes Permanentes y de Inducción Doblemente Alimentados para Plantas Eólicas	Investigación aplicada y desarrollo tecnológico	ITL e Ingeniería y Manufacturas Eléctricas S. A. de C. V.
P11	Construcción y pruebas de un prototipo de torre de concreto pos-tensado de 80 a 120 metros de altura, integrando un aerogenerador de 1.5 MW o mayor	Investigación aplicada y desarrollo tecnológico	IIE y Postensa Wind Structures
P12	Desarrollo de tecnología basada en inteligencia artificial y mecatrónica, para integrar un parque de generación de energía eólica a una red inteligente	Investigación aplicada	INAOE y IIE
P19	Diseño y evaluación de sistemas de control para aerogeneradores de pequeña escala enfocados a confiabilidad y seguridad	Investigación aplicada	ITESM
P20	Programa de Graduados en Energía Eólica del CEMIE-Eólica	Formación de recursos humanos especializados en energía eólica	IIE, CIDESI, CIATEQ, UNISTMO, ITL, ITSES,

			INAOE UAQ, UPC, CINVESTAV-S, ITI, UMICH, CICESE, UAZ, UV, UAT, UAJT Y ITCH
P21	Sistema telemático embebido para monitoreo y diagnóstico de transmisiones en aerogeneradores	Innovación y desarrollo tecnológico	UAQ
P22	Desarrollo de un sistema de control para modificar el perfil aerodinámico de las aspas de generadores eólicos	Innovación y desarrollo tecnológico	UAQ

Fuente: elaboración propia a partir de: <http://evaluarer.iiie.org.mx:8080/cemie>.

Este tipo de acuerdos entre diferentes organizaciones, que tienen como objetivos comunes ampliar los conocimientos en torno al tema eólico, sin duda son una estrategia que permite reducir los costos de transacción asociados a la propia difusión de dichos conocimientos entre las organizaciones participantes y, por lo tanto, potencializar un mayor número y mejores capacidades tecnológicas para la consolidación de una industria eólica doméstica y el fortalecimiento de una cadena de suministros para el sector.

En este sentido, es que la cooperación entre diferentes organizaciones y de diferentes sectores y objetivos rectores toma relevancia al potencializar los diferentes beneficios que de manera individual resultaría más difícil y costoso. Además de facilitar la generación de conocimiento tecnológico prioritario para el sector y con la visión de tener una mayor participación de las organizaciones dentro del sector eólico. Algo importante a destacar es que si bien el CEMIE-Eólico surge como una iniciativa y es apoyado financieramente por el Estado, el Centro refleja las estrategias y principales esfuerzos de las entidades de educación superior y de los centros de I+D para la consolidación de más y mejores capacidades tecnológicas para el sector eólico en México y que permitirá potencializar aquellas capacidades que han logrado acumular a lo largo de su vida y de sus diferentes actividades de investigación científica que han realizado durante su trayectoria de investigación.

Finalmente hay que destacar que según el PEF RHME (2014), el CEMIE-Eólico cuenta con un monto del Fondo de Sustentabilidad de \$109, 238,685.00 pesos para la formación de recursos humanos de un monto total aprobado para el centro de \$216, 309,776.72

pesos. Lo anterior, es un paso importante para que las entidades de educación superior y los centros públicos de I+D tengan una mayor presencia dentro del sector y logren incorporarse a la cadena de valor del sector eólico en México. Un Aspecto central, será que los centros públicos de I+D y las universidades logren ser actores centrales para garantizar la seguridad energética del país, lo cual requiere necesariamente de un mayor apoyo por parte del Estado.

Ahora en el siguiente apartado se presente un breve análisis de las perspectivas que presentan las empresas en torno al desarrollo de capacidades tecnológicas para el sector eólico en México (la cual se realiza con la información recabada en entrevistas a algunas empresas).

6.2.3 Perspectivas de las capacidades tecnológicas en el sector eólico “La visión de las Empresas”

Las proyecciones de inversiones sólo para el sector eólico podrían alcanzar los 14,000 millones de dólares entre el 2015 y el 2018, inversión que representaría casi tres veces al monto histórico que se ha invertido desde el 2009, año en que arranco de manera fuerte la operación de los grandes proyectos eólicos en el país por parte del sector privado. De la nueva capacidad instalada la CFE, tiene planes para desarrollar ocho parques eólicos con una capacidad instalada conjunta de alrededor de 2,300 MW e inversiones por aproximadamente 52,000 millones de pesos (3,700 millones de dólares aproximadamente) en los próximos años⁹⁴.

Además con la Reforma Energética (2013) se busca que se puedan abrir nuevos escenarios y nuevos mecanismos para la participación de más empresas en el sector eólico (mayor apertura), tanto para el desarrollo de proyectos como para la industria asociada al sector (tanto de componentes, equipos y servicios). Sin embargo algo importante es conocer las perspectivas que tienen las empresas en torno a la generación de capacidades tecnológicas locales a partir de sus diferentes actividades que actualmente realizan para el sector en México, por tal motivo, en el marco de la exposición y congreso *Mexico WindPower* realizado en la Ciudad de México los días 25 y

⁹⁴ García, K. (2015), Captará México 14,000 MDD para energía eólica, *El Economista*, Disponible en: <http://eleconomista.com.mx/industrias/2015/01/13/captara-mexico-us14000-millones-energia-eolica> (fecha de consulta abril de 2015).

26 de febrero de 2015, se realizaron algunas entrevistas a empresas clave que participan en el mercado eólico en México, con el fin de conocer cuál es su percepción en cuanto a su participación en el sector y en torno a la construcción y fortalecimiento de sus capacidades tecnológicas en el futuro. Por tal motivo y en base a los resultados arrojados del análisis de capacidades tecnológicas realizado previamente a los casos de estudio se distinguen algunas capacidades nucleares (distintivas y comunes a los casos de estudio) y en torno a ellas se busca conocer cuáles son sus perspectivas en torno al fortalecimiento de las mismas.

Las capacidades tecnológicas específicas se presentan en el Cuadro 59, las cuales se resumen en siete capacidades principalmente.

Cuadro 59: Capacidades tecnológicas específicas

1) Formación de Recursos Humanos (capacitación/reclutamiento)	2) Licenciamiento de nueva tecnología y/o Ingeniería de reversa
3) Maquila de equipos en territorio nacional	4) Mejora de procesos, componentes y equipos en territorio nacional
5) Desarrollo de nuevos componentes y equipos (en casa matriz y en México)	6) Actividades de I+D en territorio nacional
7) Procesos de vinculación (Univ-Emp-Gob)	Otros

Con las entrevistas realizadas se buscó conocer entre otras cosas, las actividades que desarrollan las empresas para el sector eólico en México, en qué áreas de la cadena de valor se involucran o participan, qué percepción tienen respecto a la Reforma Energética para poder seguir participando en el sector (certidumbre e incentivos) y cuáles son los planes de corto y mediano plazo de la empresa en el sector en México. Sin embargo, principalmente se buscó conocer las perspectivas que las empresas tienen respecto a las diferentes actividades que realizan o esperan realizar para fortalecer las capacidades tecnológicas descritas en el Cuadro anterior.

Para tal propósito fue posible entrevistar a ocho empresas, seis de ellas desarrolladoras de tecnología y/o operadoras de parques eólicos, y dos más que pertenecen al sector de servicios y componentes. Hay que destacar que cuatro de estas empresas son parte de los casos de estudio pertenecientes al sector de empresas analizadas en Capítulo 5. Las empresas, la persona entrevistada (y cargo en la empresa) y una breve descripción de las

actividades que realizan para el sector eólico en México se presentan en el Cuadro 60.

Cuadro 60: Empresas entrevistadas para en análisis de perspectivas

No.	Empresa y país de origen	Persona entrevistada y cargo	Breve descripción de actividades en el sector eoloelectrico en México
Empresas desarrolladoras de tecnología y operadores de parques eólicos			
1	GE Power & Water (USA)	Renato Santos (Líder de negocios en energías renovables en México)	Diseño y fabricación de componentes y equipos (turbinas eólicas) -8 turbinas de 2.75 MW en el parque eólico “Santa Catarina Nuevo León”
2	Vestas México (Dinamarca)	Cesar Martínez (Gestión tecnológica)	Desarrollo, fabricación, venta y mantenimiento de tecnología eólica para generar electricidad (integra toda la cadena de valor en su casa matriz). -Parques eólicos en México con turbinas Vestas: La Venta I en Oaxaca; Arriaga Chiapas; Los Altos Jalisco y El Porvenir Tamaulipas.
3	Acciona Energía (España)	Oliver Ortiz (Técnico en seguimiento de producción)	Integra toda la cadena de valor para el sector eólico. Sus negocios principales incluyen actividades de desarrollo de proyectos, ingeniería y construcción; fabricación industrial de aerogeneradores; operación y mantenimiento de instalaciones y venta de energía. - Parques eólicos en México: Eurus fase I y II, Oaxaca II, Oaxaca III y Oaxaca IV (todos en Oaxaca con turbinas de la propia empresa).
4	Siemens (Alemania)	Ute Bair (Gerente de ventas comerciales para América Latina)	Diseño y fabricación de componentes y equipos (proveedores turbinas eólicas) -En proceso de licitación de turbinas para los nuevos proyectos en México.
5	Potencia Industrial (México)	Alberto González (Gerente de Ventas)	Diseño y fabricación de componentes y equipos de pequeña y mediana potencia y diversos complementos eléctricos.
6	EDF (Eléctrica del Valle de México), (Francia)	Alonso Martínez (Gerente comercial)	Desarrolladora de proyectos, generación y distribución eléctrica (venta de energía). -Parques eólicos operados en México: La Mata-La Ventosa (turbinas Clipper Liberty), Bii Stinú (turbinas Gamesa) y Santo Domingo (turbinas Gamesa), todos en Oaxaca.
Empresas de servicios y componentes			
7	Trinity Industrias de México, S. de R.L. de C.V. (USA)	Karina Ramírez (Gerente de mercadotecnia)	Fabricante de torres para turbinas eólicas, internos de torres, transporte y logística. -Han fabricado el 90% de las torres eólicas instaladas en los parques eólicos de México (según la entrevistada).
8	Cisa Energía (México)	Lorena Arellano (Control de obra)	Servicios de promoción, diseño, construcción, operación y mantenimiento de proyectos eólicos. -Parques eólicos desarrollados: Bii Nee Stipa I/ Stipa Nayaá (31 turbinas Gamesa y desarrollador Iberdrola Renewables); Bii Nee Stipa II (turbinas Gamesa y desarrollador Gamesa/Enel GreenPower); Bii Nee Stipa III/ Zopiloapa (turbinas Gamesa y desarrollador Gamesa/Enel “Grupo México”); Bii Nee Stipa IV/Dos Arbolitos (turbinas Gamesa y desarrollador Iberdrola Renewables) y Sierra Juárez, Baja California (47 turbinas Vestas y desarrollador Lenova). -2 proyectos en desarrollo: XISA I y XISA II.

El interés por conocer la visión de la empresa en torno a su desempeño futuro en el sector y en la acumulación de capacidades tecnológicas radica en que gran parte de las capacidades son construidas al interior de la empresa y que en muchas ocasiones son ellas las que impulsan su difusión y creación de capacidades tecnológicas locales. Lo anterior, destacando que el aumento de la competencia y la complejidad de los mercados impulsan a la especialización de las empresas basada en el aprendizaje tecnológico, la especialización dirigida hacia los recursos humanos (fuerza laboral) y el desarrollo de nuevas y mejores tecnologías, donde gran parte de estos esfuerzos se encuentran en las grandes empresas multinacionales. Para el caso del sector eólico, el sector se encuentra claramente dominado por grandes empresas multinacionales en donde su importancia económica actualmente radica en que la presencia de dichas empresas tenga un impacto positivo sobre el desarrollo nacional o regional, favoreciendo la consolidación de cadenas de valor locales.

Hay que subrayar que existen voces a favor y en contra en torno al impacto de dichas empresas, en el desarrollo de la industria local, “diversos estudios han mostrado que la presencia en el país de este tipo de empresas [...] pueden propiciar nuevas funciones productivas y administrativas hacia las empresas locales, así como diversas derramas tecnológicas y de conocimiento sobre la economía regional (o en determinado sector productivo). Pero otros argumentan que si bien las operaciones de estas empresas pueden conducir a la mejora en productos, tecnologías y modelos de organización, tales fenómenos no tienen efectos claros en el desempeño macroeconómico del país ni en las regiones donde se han producido” (Contreras, O. *et al.*, 2012: 301), más aún cuando las tecnologías son desarrolladas totalmente en el exterior, es decir que los beneficios o las actividades con mayor valor agregado no se difunden localmente.

Por tal motivo, la creación de capacidades tecnológicas locales juegan un papel central para el aprovechamiento de las diferentes oportunidades que un nuevo sector, como el eólico ofrece, destacando que la actividad innovadora y el aprovechamiento de las nuevas tecnologías no depende de capacidades o iniciativas individuales, sino que involucra principalmente las relaciones colaborativas para socializar y fortalecer las capacidades tecnológicas locales en su conjunto. Lo cual dependerá de las capacidades de absorción de las organizaciones locales para obtener beneficios, generar conocimiento y aprovechar oportunidades de aquellos entornos institucionales que impulsen la innovación y el aprendizaje tecnológico, en donde cabe recalcar que los procesos de cooperación

resultan centrales para lograr y alcanzar dicho objetivo.

El desarrollo y consolidación de capacidades tecnológicas locales resultan prioritarios para la consolidación de la industria ligada al aprovechamiento del recurso eólico, ya sean estas desarrolladas por empresas extranjeras o locales, lo importante es construir y fortalecer aquellas capacidades que logren dar respuesta a los crecientes y nuevos requerimientos del sector. A partir de estas consideraciones a continuación se presenta el análisis realizado a las ocho empresas en torno el tema de sus perspectivas para el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas del sector eólico en México. En análisis se presenta a partir del orden presentado en el Cuadro 60.

1. General Electric (GE Power & Water)

Empresa de origen estadounidense, con amplia presencia en México en diversas líneas de negocio para el sector eléctrico. En el sector eólico se incorporó recientemente con la puesta en marcha del parque eólico de “Santa Catarina, Nuevo León”, sin embargo, la empresa tiene proyectada una mayor participación en el sector en los próximos años, principalmente en la línea de negocio de venta de turbinas y en el posible desarrollo de proyectos. La empresa ve como positiva la Reforma Energética con el fin de seguir teniendo una mayor participación en el sector eléctrico en general y en particular en el sector eólico.

En torno al tema de las capacidades específicas, la empresa tiene las siguientes perspectivas para el mediano plazo principalmente, las cuales se presentan en el Cuadro 61.

Cuadro 61: Perspectivas de GE en torno a las capacidades tecnológicas específicas

Capacidades	Descripción de perspectivas
Formación de Recursos Humanos (capacitación/reclutamiento)	En Querétaro existe el GEIQ ⁹⁵ (<i>General Electric Infrastructure Querétaro</i> , por sus siglas en inglés), un centro que concentra a las mentes más brillantes de la ingeniería mexicana; expertos que están cambiando la forma de ver el potencial que tiene el país en el marco de la economía global del conocimiento, realizando actividades de I+D. El centro lo integran 1,800 ingenieros mexicanos, el entrevistado no contaba con el dato pero menciona que se cuenta con un fuerte grupo de trabajo para el área eólica y que será un área que seguirá creciendo en los próximos años dentro del GEIQ.
Licenciamiento de nueva tecnología y/o Ingeniería de reversa	La empresa cuenta con tecnología propia (componentes y equipos), las turbinas eólicas instaladas en México son las más modernas con las que actualmente cuenta la empresa de 2.75 MW de potencia. Se espera que la empresa realice una mayor inversión en al área de diseño y componentes en territorio nacional dentro del GEIQ.
Maquila de equipos en territorio nacional	En el mediano plazo la empresa busca desarrollar y maquilar componentes varios en territorio nacional, principalmente torres y álabes. Esto como una estrategia para reducir costos y fortalecer del mercado de Latinoamérica desde México.
Mejora de procesos, componentes y equipos en territorio nacional	En los próximos años se espera que el GEIQ, cuente con un área más grande y dinámica para el sector eólico, ello con el crecimiento de la plantilla de ingenieros mexicanos (talento nacional).
Desarrollo de nuevos componentes y equipos (en casa matriz y en México)	Por el momento en México se realizan algunas actividades de diseño, I+D dentro del GEIQ, pero la maquila y el ensamblaje de la tecnología eólica se realiza en la casa matriz y subsidiarias (principalmente en USA). Sin embargo no se descarta que en el mediano plazo se pueda realizar parte del ensamble de la tecnología eólica en México (ello dependerá de cómo se desarrolle el sector en el futuro).
Actividades de I+D en territorio nacional	La I+D más fuerte para el sector eólico que realiza la empresa en México se efectúa en el Departamento de Investigación del Recurso Eólico del GEIQ. Y en los próximos años se buscara una mayor actividad de I+D para el sector eólico principalmente en áreas tecnológicas.
Procesos de vinculación (Univ-Emp-Gob)	Si existen varios acuerdos de vinculación del GEIQ con otros centros públicos de investigación, empresas y universidades de la región de Querétaro para mejorar los procesos de desarrollo tecnológico, y con la expectativa de seguir incrementado la actividad cooperativa.
Otros	En México la empresa no realiza ingeniería de detalle para el diseño y desarrollo de proyectos sin embargo no se descarta la posibilidad de incursionar en el futuro en el desarrollo de los proyectos y en la operación y mantenimiento. Ya que actualmente la principal línea de negocio de la empresa en el sector eólico es la vetan de turbinas.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información proporcionada por Renato Santos (Líder de negocios en energías renovables de GE en México), febrero de 2015.

La empresa ha subrayado su interés por desarrollar más y mejores capacidades tecnológicas, muchas de las cuales busca que sean desarrolladas localmente, ejemplo de

⁹⁵ Actualmente, el GEIQ se especializa en los negocios de generación de energía y de aviación. Pero también fabrica accesorios como bombas de combustible, arneses, sistemas que dirigen el aire dentro de la turbina.

ello es el GEIQ, con en el que la empresa busca detonar una mayor presencia en el sector eólico.

La empresa ha hecho hincapié en el interés por desarrollar capacidades tecnológicas locales y no sólo vender tecnología, ejemplo de ello es el GEIQ, mediante el cual se espera seguir desarrollando el talento mexicano, en el sector eólico mediante las diferentes estrategias para la I+D tecnológico y seguir además fortaleciendo sus diferentes líneas de negocio en el sector eléctrico.

2. Vestas México

Empresa de origen danés que se dedica principalmente al desarrollo, fabricación, venta y mantenimiento de tecnología eólica. Es el primer proveedor mundial de aerogeneradores de gran potencia ya que se han instalado más de 40,000 aerogeneradores en 65 países de los cinco continentes. La experiencia de Vestas va más allá de los aerogeneradores, ya que también cuentan con especialistas en planificación, instalación, operación y mantenimiento. A nivel internacional integran toda la cadena de valor, sin embargo en México su participación en el sector eólico se centra principalmente la venta de turbinas eólicas de gran potencia.

Los parques eólicos de México que actualmente utilizan las turbinas de la empresa son: La venta I Oaxaca; Arriaga Chiapas; Los Altos Jalisco y El Porvenir Tamaulipas. La empresa destaca como positiva la Reforma Energética para poder seguir teniendo una mayor participación en el sector en México (es decir esperan tener una mayor participación en el mercado de turbinas con los proyectos que se esperan desarrollar en los próximos años).

En torno a las capacidades tecnológicas específicas según la empresa tiene las siguientes perspectivas (ver Cuadro 62).

Cuadro 62: Perspectivas de Vestas en torno a las capacidades tecnológicas específicas

Capacidades	Descripción de perspectivas
Formación de Recursos Humanos (capacitación/reclutamiento)	La empresa destaca que a partir de su línea de negocio en México, que es la venta de turbinas, no se involucran en la formación de recursos humanos. Subraya que a nivel global cuentan con la formación de recursos humanos altamente capacitados, pero estos se forman en sus centros de I+D (Dinamarca y Alemania principalmente). Y NO se tienen perspectivas a futuro de tener algún centro de I+D o de formación de recursos humanos en México.
Licenciamiento de nueva tecnología y/o Ingeniería de reversa	La empresa no realiza ingeniería de reversa ni licencia tecnológica ya que históricamente han contado con desarrollos tecnológicos propios (esto en su casa matriz).
Maquila de equipos en territorio nacional	Toda la tecnología (turbinas) es importada y NO hay planes para que se maquile o ensamble la tecnología en México en el futuro.
Mejora de procesos, componentes y equipos en territorio nacional	La experiencia de la utilización de la tecnología en México ha generado aprendizajes que ha permitido a la empresa realizar mejoras tecnológicas, las cuales se realizan en el exterior (casa matriz). No se tienen planes para realizar estas actividades fuera de la casa matriz (de sus centros de I+D).
Desarrollo de nuevos componentes y equipos (en casa matriz y en México)	Todo el diseño y desarrollo de nuevos componentes se realizan únicamente en la casa matriz y filiales del extranjero (tanto en ensamblaje como la maquila de componentes). La empresa NO tiene planes en el futuro cercano para realizar esta actividad en México.
Actividades de I+D en territorio nacional	Las actividades de I+D se realizan casi en un 100% en Dinamarca. Y NO hay planes para realizarse en México.
Procesos de vinculación (Univ-Emp-Gob)	La empresa refiere NO tener acuerdos de vinculación o cooperación tecnológica con otras organizaciones en México.
Otros	N/A

Fuente: Elaboración propia a partir de la información proporcionada por Cesar Martínez (Gestión tecnológica para Latinoamérica, Vestas), febrero de 2015.

Se subraya que la empresa, cuenta con las mejores capacidades tecnológicas a nivel mundial en el sector eólico, sin embargo se hace hincapié en que no existe un interés a mediano ni largo plazo por desarrollar capacidades tecnológicas en México (derivadas de sus actividades en el sector), principalmente porque su línea de negocio para México seguirá siendo la venta de turbinas. Por lo cual, en torno a las capacidades tecnológicas de la empresa se subraya que éstas se seguirán construyendo y acumulando en el exterior, en sus centros de I+D tecnológico de Dinamarca y Alemania.

3. Acciona Energía

Empresa de origen español, con una importante presencia en el sector eólico en México, cuanta con la mayor capacidad eólica instalada, 556 MW, con la operación de los parques Eurus fase I y II, Oaxaca II, Oaxaca III y Oaxaca IV. La empresa está presente en toda la

cadena de valor, destacando como áreas principales las actividades de desarrollo de proyectos, ingeniería y construcción; fabricación industrial de aerogeneradores; operación y mantenimiento de instalaciones y venta de energía. Con la Reforma Energética, la empresa espera tener una mayor presencia en los próximos años con el desarrollo de más parques eólicos, principalmente en Oaxaca pero esperan también tener presencia en otros Estados de la República.

Respecto a las proyecciones de la empresa para el desarrollo de las capacidades específicas, se presentan el análisis en el Cuadro 63.

Cuadro 63: Perspectivas de Acciona en torno a las capacidades tecnológicas específicas

Capacidades	Descripción de perspectivas
Formación de Recursos Humanos (capacitación/ reclutamiento)	Actualmente la empresa cuenta con una plantilla importante de recursos humanos altamente capacitados dentro de las diferentes actividades que realiza para el sector eólico. Con los nuevos desarrollos espera seguir incrementado su plantilla (la mayor parte de su personal es mexicano y dedicado a actividades de operación y mantenimiento).
Licenciamiento de nueva tecnología y/o Ingeniería de reversa	Para el sector eólico no se realiza ingeniería de reversa ya que la empresa cuenta con tecnología propia, la cual refieren es una de las más competitiva a nivel internacional.
Maquila de equipos en territorio nacional	No se realiza ningún tipo de ensamble o maquila en México y NO hay planes para realizarlo, por lo menos en el mediano plazo.
Mejora de procesos, componentes y equipos en territorio nacional	Sólo se realiza en la casa matriz o subsidiarias (en el extranjero), pero la información recabada por la operación de los equipos en México ha ayudado a realizar mejoras tecnológicas en los nuevos equipos.
Desarrollo de nuevos componentes y equipos (en casa matriz y en México)	Sólo en la casa matriz, y NO hay planes para que se realice en México.
Actividades de I+D en territorio nacional	Las actividades de I+D para el sector eólico se realizan en el centro de I+D de España. Y NO hay planes, por lo menos en un futuro cercano de realizarlo en México.
Procesos de vinculación (Univ-Emp-Gob)	Si hay diversos acuerdo de vinculación, principalmente con universidades y centros de I+D de la región del Istmo. Se espera seguir fortaleciendo los acuerdos de cooperación tecnológica en los próximos años.
Otros	N/A

Fuente: Elaboración propia a partir de la información proporcionada por Oliver Ortiz (Técnico en seguimiento de producción), febrero de 2015.

Si bien la empresa actualmente opera los parques eólicos más grandes de México, con lo cual refiere que cuenta con un amplia número de recursos humanos capacitados por ellos, principalmente en la operación y mantenimiento de los parques, sin embargo se

destaca que la empresa, no tiene el interés en el mediano plazo de tener una actividad más activa en la generación de capacidades tecnológicas relacionadas con el desarrollo tecnológico o actividades de I+D en México, ya que dichas actividades se seguirán concentrando en el exterior, en su centro de I+D y otras plantas filiales donde se realizan actividades de ensamble.

4. Siemens Innovaciones S.A. de C.V.

Empresa de origen alemán con presencia en México desde hace más de 116 años en sus diferentes líneas de negocio, cuenta con un portafolio capaz de satisfacer las necesidades en términos de soluciones para la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. Para la industria eólica, son fabricantes de aerogeneradores (para aplicación en mar y en tierra firme), en México actualmente no participan en el mercado eólico pero tienen planes de corto plazo para poder integrarse al mercado a partir del desarrollo de los próximos proyectos. Esta empresa destaca que la Reforma Energética podrá contribuir para que la empresa alcance sus objetivos una mayor de participar en el sector eólico en México y dar mayor certidumbre para sus inversiones.

Ahora respecto a las proyecciones de la empresa para el desarrollo de las capacidades específicas, se presentan el análisis en el Cuadro 64.

Cuadro 64: Perspectivas de Siemens en torno a las capacidades tecnológicas específicas

Capacidades	Descripción de perspectivas
Formación de Recursos Humanos (capacitación/reclutamiento)	Actualmente la empresa no tiene presencia en el sector eólico en México, pero se tienen proyecciones de participar en la venta de turbinas. Respecto a la formación de recursos humanos sus actividades se centran en las diferentes áreas de su portafolio de negocio, principalmente en el sector eléctrico, pero no para el sector eólico en México.
Licenciamiento de nueva tecnología y/o Ingeniería de reversa	Para el sector eólico no se realiza ingeniería de reversa ya que la empresa cuenta con tecnología propia.
Maquila de equipos en territorio nacional	En el tema eólico no se maquila ningún tipo de tecnología o componente en México, pero si en otras áreas de negocio principalmente del sector eléctrico. Y No existen planes en el corto plazo para realizar esta actividad en el sector eólico.
Mejora de procesos, componentes y equipos en territorio nacional	La mejora de equipos se realiza en la casa matriz y subsidiarias en el extranjero (Alemania, Dinamarca y USA). Y NO se tienen planes de que esta situación cambie en los próximos años.
Desarrollo de nuevos componentes y equipos (en casa matriz y en México)	Sólo en la casa matriz, y No hay planes para que se realice en México en un futuro cercano.
Actividades de I+D en territorio nacional	Las actividades de I+D para el sector eólico se realizan en Dinamarca y Alemania. Y No existen planes para que se realicen en México.
Procesos de vinculación (Univ-Emp-Gob)	La empresa NO tiene acuerdos de vinculación con otras organizaciones en México.
Otros	N/A

Fuente: Elaboración propia a partir de la información proporcionada por Ute Bair (Gerente de ventas comerciales de Siemens para América Latina), febrero de 2015.

Si bien la empresa actualmente no tienen presencia en el sector eólico, si tienen proyecciones de aprovechar oportunidades que ofrece el mercado mexicano, y de ésta manera seguir ampliando su presencia en América Latina en el área eólica (como es el caso de Chile y Perú). Sin embargo hay que destacar que en el tema de construcción de capacidades tecnológías locales, la empresa no aportara en ese sentido, por lo menos en el mediano plazo ya que por su estrategia de negocio hacia el sector eólico en México es vender tecnología y seguir acumulando sus capacidades tecnológicas en su casa matriz (principalmente Dinamarca y Alemania).

5. Potencia Industrial

Empresa mexicana de gran tradición en diferentes áreas del sector eléctrico, que por más de 50 años, se ha especializado en el diseño y fabricación de motores eléctricos,

generadores y sistemas de energía eléctrica de alta calidad. Para el sector eólico cuenta con turbinas de pequeña potencia (5 KW) con diseño y de manufactura propia. A pesar de que actualmente no participa en el sector eólico de gran potencia si ha generado importantes capacidades en el sector a partir de sus diferentes actividades y líneas de negocio de la empresa (especialmente en las diferentes áreas eléctricas).

Respecto a las proyecciones de sus capacidades tecnológicas específicas para el sector eólico, se presenta el análisis en el Cuadro 65.

Cuadro 65: Perspectivas de Potencia Industrial en torno a las capacidades tecnológicas específicas

Capacidades	Descripción de perspectivas
Formación de Recursos Humanos (capacitación/reclutamiento)	En sus diferentes líneas de negocio la empresa cuenta con importantes recursos humanos totalmente mexicanos y formados en territorio nacional. Y que espera seguir formando personal altamente calificado.
Licenciamiento de nueva tecnología y/o Ingeniería de reversa	Para el sector eólico y componentes eléctricos cuentan con desarrollos tecnológicos propios. Cuenta con la turbina Colibrí, la cual tiene: funcionamiento contra viento, eje horizontal, rotor de tres aspas, generador de transmisión directa. La empresa no descarta la posibilidad de desarrollar turbinas de mayor potencia en el futuro (principalmente de mediana potencia).
Maquila de equipos en territorio nacional	Además de la turbina Colibrí, desarrollan diversos equipos y componentes para el sector eléctrico, como motores y generadores (hidroeléctricos, imanes permanentes, etc.) que se desarrollan totalmente en México.
Mejora de procesos, componentes y equipos en territorio nacional	Siempre se busca seguir innovando en sus diferentes productos, desarrollos que se hacen en México. Además de que se tiene la proyección de seguir avanzando en nuevas líneas de negocio como es el caso de la energía eólica de mediana y gran potencia, ello con el desarrollo de nuevos componentes y la prestación de nuevos servicios.
Desarrollo de nuevos componentes y equipos (en casa matriz y en México)	
Actividades de I+D en territorio nacional	Las actividades de I+D para mejora continua de sus productos e incursionar en nuevos mercados se realiza de manera constante y se espera poder seguir con esta actividad y explorar nuevas ventanas de oportunidad que el sector eólico en México ofrece.
Procesos de vinculación (Univ-Emp-Gob)	Principalmente con entidades de Gobierno como CONACYT, y centros de educación superior para seguir impulsando sus desarrollos de I+D (la empresa es parte del CEMIE-Eólico).
Otros	N/A

Fuente: Elaboración propia a partir de la información proporcionada por Alberto González (Gerente de Ventas), febrero de 2015.

A pesar de que la empresa actualmente no participa en el sector de gran potencia, se espera que en el largo plazo, la empresa logre incursionar en el mercado y seguir

potencializando las capacidades tecnológicas que han logrado desarrollar en el sector eléctrico en particular en el sector eólico a lo largo de su historia, destacando sobre todo que el 100% de sus capacidades tecnológicas han sido desarrolladas localmente.

6. Eléctrica del Valle de México (subsidiaria de EDF)

Empresa subsidiaria de Électricité de France (EDF) dedicada a la generación y distribución eléctrica, desarrollaron y operaran el parque eólico “La Mata-La Ventosa”, el parque “Bii Stinú” y parque eólico “Santo Domingo”. La empresa actualmente se encuentra en proceso de licitación de otros parques eólicos en México, con lo cual busca seguir teniendo mayor presencia dentro del mercado eólico en México. Las perspectivas de la empresa en torno a las capacidades tecnológicas específicas se presentan en el siguiente Cuadro.

Cuadro 66: Perspectivas de Eléctrica del Valle de México en torno a las capacidades tecnológicas específicas

Capacidades	Descripción de perspectivas
Formación de Recursos Humanos (capacitación/reclutamiento)	Por las actividades de la empresa en México la formación de recursos humanos se ha centrado en capacitar personal para la operación y mantenimiento de los proyectos. Una parte de la capacitación de su personal operativo se realiza en USA y la mayor parte en sitio (parques eólicos en México). Con el desarrollo de nuevos proyectos se espera seguir capacitando más capital humano en la operación y manteniendo de los parques.
Licenciamiento de nueva tecnología y/o Ingeniería de reversa	No son desarrolladores tecnológicos, ya que su principal línea de negocio para el sector eólico en México, es el diseño, desarrollo y operación & mantenimiento de los proyectos.
Maquila de equipos en territorio nacional	
Mejora de procesos, componentes y equipos en territorio nacional	Se realizan mejoras en los procesos para la operación y mantenimiento, además de retribuir información para la mejora de tecnologías a los desarrolladores tecnológicos. Destacan que México seguirá siendo importante en la generación de información para las mejoras tecnológicas (de sus clientes).
Desarrollo de nuevos componentes y equipos (en casa matriz y en México)	No son desarrolladores tecnológicos, sin embargo la operación de los proyectos en México ha permitido innovar en los procesos derivados de la operación y el mantenimiento. Y en México se espera seguir teniendo mayor actividad.
Actividades de I+D en territorio nacional	Las actividades de I+D para mejora de procesos se realiza en la matriz de Francia y USA.
Procesos de vinculación (Univ-Emp-Gob)	La empresa tiene algunos acuerdos de colaboración informal con otras organizaciones, principalmente operadores. Sin embargo consideran como necesario una mayor vinculación para hacer procesos operativos cada vez más eficientes.
Otros	N/A

Fuente: Elaboración propia a partir de la información proporcionada por Alonso Martínez (Gerente comercial), febrero de 2015.

En el corto y mediano plazo la empresa espera desarrollar y operar otros proyectos eólicos, algunos ya licitados y otros en proceso de licitación y aunque no se involucran con el desarrollo tecnológico, la empresa busca innovar constante en sus procesos y en la generación de información que le sea útil a sus clientes y a los desarrolladores tecnológicos. Así como seguir capacitando personal de la región donde se ubican los proyectos.

7. Trinity Industries de México, S. de R.L. de C.V.

Empresa de origen estadounidense, que para el sector eólico en México ha ofrecido una extensa gama de fabricación de torres estructurales, adecuadas a las necesidades de la industria internacional de energía eólica, además de componentes varios como internos de la torre y servicios de transporte y logística. Sus torres pueden ir de 30 a 90 metros de altura, en tipos de 2 y 3 secciones con diámetro de hasta 4,000 mm (4 metros), y se fabrican conforme a las especificaciones de cada diseñador (tipo y tamaño de turbina). Según la información referida en la entrevista la empresa ha proveído el 90% de las torres eólicas instaladas en los parques eólicos que operan en México al 2014.

Ahora en torno al análisis sobre las perspectivas de las capacidades tecnológicas específicas para la empresa se presentan en el Cuadro 67.

Cuadro 67: Perspectivas de Trinity Industries en torno a las capacidades tecnológicas específicas

Capacidades	Descripción de perspectivas
Formación de Recursos Humanos (capacitación/reclutamiento)	La principal capacitación del personal se desarrolla en la planta de manufactura de Huehuetoca, Estado de México. Los recursos humanos en las diferentes áreas son principalmente mexicanos, y con los planes de crecimiento del sector se espera incorporar más personal y con mayor calificación.
Licenciamiento de nueva tecnología y/o Ingeniería de reversa	Los componentes son desarrollados a partir de las especificaciones de los clientes (Turbinas).
Maquila de equipos en territorio nacional	La maquila (ensamble) se realiza en la planta de Huehuetoca, Estado de México así como el desarrollo de los otros componentes menores de la torre.
Mejora de procesos, componentes y equipos en territorio nacional	Las mejoras a los componentes se realizan totalmente en territorio nacional, mejoras basadas en los requerimientos de los clientes. La empresa espera un mayor impulso al ensamblado en territorio nacional en los próximos años de otros componentes.
Desarrollo de nuevos componentes y equipos (en casa matriz y en México)	Los nuevos componentes y las mejoras de los mismos se realizan en la planta de Huehuetoca, Estado de México.
Actividades de I+D en territorio nacional	No hay actividades de I+D, por sus actividades sólo realizan algunas mejoras tecnológicas menores (bajo requerimientos de los clientes).
Procesos de vinculación (Univ-Emp-Gob)	La empresa NO tiene acuerdos de vinculación con otras organizaciones en México.
Otros	N/A

Fuente: Elaboración propia a partir de la información proporcionada por Karina Ramírez (Gerente de mercadotecnia), febrero de 2015.

En el corto y mediano plazo la empresa busca tener una mayor presencia y seguir siendo líder en el mercado ya que cuenta con la mayor experiencia en la manufactura de torres eólicas en México. Su experiencia le ha permitido ir acumulando capacidades centrales derivadas de sus diferentes actividades y se espera que estas sigan creciendo con el desarrollo de los nuevos proyectos.

8. Cisa Energía

Empresa de origen mexicano que provee servicios de promoción, diseño, construcción, operación y mantenimiento para proyectos de energía eólica en todo México. Con una década de experiencia en el mercado nacional ofrece un conocimiento profundo y una gran experiencia para el sector eólico en México. Las principales actividades para el sector eólico se centran en: la pre-planeación; aseguramiento de la tierra; permisos y trámites; anteproyectos; adecuación de caminos y cimentaciones; erección de aerogeneradores; líneas de transmisión; operación; mantenimiento, etc.

Los principales proyectos eólicos a los que han prestado sus servicios en México son: Bii Nee Stipa I/ Stipa Nayaá (31 turbinas Gamesa y desarrollador Iberdrola Renewables), Bii Nee Stipa II (turbinas Gamesa y desarrollador Gamesa/Enel GreenPower), Bii Nee Stipa III/ Zopiloapa (turbinas Gamesa y desarrollador Gamesa/Enel “Grupo México”), Bii Nee Stipa IV/Dos Arbolitos (turbinas Gamesa y desarrollador Iberdrola Renewables) y Sierra Juárez, Baja California (47 turbinas Vestas y desarrollador Lenova), además se encuentran desarrollando 2 proyectos en el XISA I y XISA II.

Respecto al análisis de las perspectivas sobre las capacidades tecnologías específicas de la empresa, se presenta en el siguiente Cuadro.

Cuadro 68: Perspectivas de Cisa Energía en torno a las capacidades tecnológicas específicas

Capacidades	Descripción de perspectivas
Formación de Recursos Humanos (capacitación/ reclutamiento)	Dentro de sus diferentes actividades y portafolios de negocio cuentan con capital humano altamente capacitado, principalmente especialistas mexicanos. Con las proyecciones de crecimiento del sector se espera seguir formando capital humano altamente capacitado para la prestación de los diferentes servicios.
Licenciamiento de nueva tecnología y/o Ingeniería de reversa	Sus actividades es la presentación de servicios, por lo que buscan de manera constante innovar en sus servicios.
Maquila de equipos en territorio nacional	
Mejora de procesos, componentes y equipos en territorio nacional	Mejora continua en los procesos para satisfacer los requerimientos de los clientes (principalmente a partir de los requerimientos de las nuevas tecnologías).
Desarrollo de nuevos componentes y equipos (en casa matriz y en México)	N/A
Actividades de I+D en territorio nacional	
Procesos de vinculación (Univ-Emp-Gob)	La vinculación se da principalmente con socios comerciales, clientes y la AMDEE para mejorar procesos y servicios.
Otros	N/A

Fuente: Elaboración propia a partir de la información proporcionada por Lorena Arellano (Control de obra), febrero de 2015.

Con las proyecciones de crecimiento de sector, la empresa espera que en el corto y mediano plazo se tenga una participación más activa y una mayor cuota de mercado en comparación con las desarrolladoras del extranjero.

Ahora hay que puntualizar que con la revisión realizada sobre el tema de perspectivas de

las capacidades tecnológicas de las empresas, se intenta resaltar que las diferentes actividades que las empresas realizan para desarrollar mayores competencias que deriven en ventajas competitivas resultan centrales para fortalecer su presencia en un nuevo sector productivo. Recordando que las capacidades tecnológicas desde el enfoque de Bell y Pavitt (1995) son los recursos necesarios para generar y administrar mejoras en los procesos y en la organización de la producción, productos, equipos y proyectos de ingeniería, los cuales están acumulados e integrados en los individuos (habilidades, conocimientos y experiencias), y en los sistemas organizacionales.

En el caso de las organizaciones analizadas en los Capítulos 4 y 5, se encontró que cuentan con diferentes capacidades tecnológicas derivadas de sus diferentes actividades realizadas para el sector eólico, sin embargo el reto para el futuro es que dichas capacidades logren dar un salto cualitativo y situar a las organizaciones en la frontera tecnológica, esto ya sea mediante la reconversión de su conocimiento interno o adquirirlo del exterior para construir y acumular más y mejores capacidades tecnológicas, y preferentemente capacidades locales.

Hay que recordar que la construcción de capacidades tecnológicas, no es un proceso sencillo ni uniforme ya que tiene que ver con “las diferentes actividades que conforman el aprendizaje, algunos se relacionan con las fortalezas internas de la empresa (conocimiento, I+D, etc.). Otras se desprenden de las relaciones que la empresa establece con instituciones existente en el entorno: con empresas nacionales y extranjeras, con clientes y proveedores, con centros de investigación o con universidades. La articulación entre las fortalezas internas y las relaciones externas constituyen la pauta para el desarrollo de estrategias tecnológicas ofensivas que puedan traducirse en factores de innovación y competitividad” (Villavicencio, D. y F. Díaz, 2007: 195). En la medida en que se aglutinen dichos esfuerzos se potencializará la construcción de mayores capacidades tecnológicas locales que deriven en la conformación de una industria eólica doméstica.

A pesar de la visión positiva existente por parte del Estado y demás organizaciones (empresas, universidades y centros de I+D) para la construcción de capacidades tecnológicas, el verdadero reto es hacerlas realidad y que se vean materializadas en mayores beneficios tanto económicos como ambientales y sobre todo sociales. Finalmente hay que destacar que las alianzas tecnológicas son una alternativa viable que

requiere necesariamente de la voluntad de los diferentes agentes que integran el sector y que podrían derivar en la generación de más y mejores capacidades locales. Ello destacando que desde la visión de las empresas trasnacionales no cuentan con intenciones importantes de difundir sus capacidades hacia México.

Conclusiones

La perspectiva de crecimiento de la energía eólica en México y en todo el Mundo se presenta como una venta de oportunidad para generar beneficios en diferentes ámbitos, tanto ambientales como económicos y sociales, pero a su vez representa un reto al sector industria para poder satisfacer los requerimientos derivados del crecimiento de la explotación de esta fuente de energía. Para el caso de México, el reto inmediato y de mediano plazo es lograr consolidar una industria local que tenga mayor presencia en los diferentes eslabones de la cadena de valor de la industria y de esta manera diversificar los beneficios generados por el desarrollo de los proyectos eólicos al interior del país.

Aprovechar las ventanas de oportunidad y hacer frente a los retos del sector requiere necesariamente de la construcción de mayores y mejores capacidades tecnológicas, principalmente en aquellas áreas prioritarias asociadas a un mayor valor agregado, con el objetivo de ir disminuyendo la dependencia que existe hacia las grandes empresas trasnacionales. En este sentido, un aspecto importante es el tema de los costos de transacción, ya que éstos pueden ser una barrera importante para el adecuado aprovechamiento del potencial eólico existente en nuestro país, así como para la construcción de capacidades tecnológicas por parte de las organizaciones locales, ya que la difusión del conocimiento tecnológico entre los diferentes agentes implica elevados costos de transacción, en este sentido, el tema de cooperación entre las organizaciones toma un papel relevante, como estrategia para reducir los diferentes costos de transacción e impulsar la construcción de mayores y mejores capacidades tecnológicas que detonen en la conformación de una cadena de valor local fuerte.

El tema de la cooperación entre las diferentes organizaciones, tanto del sector productivo, como del sector de educación y de I+D, resulta relevante, al considerar que en muchos de los estudios de caso analizados, referenciaron que han logrado impulsar y consolidar diferentes acuerdos de colaboración y vinculación con el fin fortalecer su presencia de el

sector eólico, y aprovechar las oportunidades que brinda. Pero hay que destacar que la cooperación y/o la creación de acuerdos comerciales y de desarrollo tecnológico entre las diferentes organizaciones no es una actividad espontánea, ya que se encuentra determinada por diversos aspectos y de diferente índole, como son los sociales y económicos. En México un acuerdo de colaboración tecnológica entre diferentes organizaciones del sector educativo, científico y productivo que podría ser muy importante para la conformación de capacidades tecnológicas en el sector eólico local, y que pudiera ser parte importante para las diferentes organizaciones que buscan incursionar o consolidarse en el sector eólico en México es el CEMIE-Eólico, consorcio que entre otras cosas busca crear las sinergias necesarias para el aprovechamiento de la energía eólica del país mediante el desarrollo de proyectos tecnológicos estratégicos que propicien resultados de mayor valor para el sector.

El CEMIE-Eólico, es una iniciativa impulsada desde el Estado, pero en donde los actores centrales son las universidades y los centros públicos de I+D, para desarrollar y acumular capacidades tecnológicas en el área eólica, mediante el desarrollo de diferentes proyectos tecnológicos y de formación de recursos humanos altamente capacitados en base a los requerimientos del sector. Es así que respecto al desarrollo de capacidades tecnológicas por parte de los sectores educativos y de investigación es generar las condiciones científicas, tecnológicas y de innovación para dar soluciones tecnológicas al sector. Para lo cual, con los acuerdos de colaboración tecnológica se busca incidir favorablemente en la consolidación de las capacidades tecnológicas y científicas con las que actualmente cuentan, pero sobre todo desarrollar y acumular más capacidades tecnológicas en aquellas áreas prioritarias de la cadena de valor.

De esta manera es que los acuerdos de colaboración pueden impulsar una mayor internalización de los diferentes costos de transacción a los que se enfrentan las organizaciones en el desarrollo de sus actividades para el sector eólico, y a la vez incentivar una mayor construcción de capacidades tecnológicas locales y por lo tanto, el fortalecimiento y socialización de éstas.

Así mismo, desde la visión del Estado las capacidades tecnológicas para el sector eólico se busca que sean impulsadas a través del nuevo marco normativo e institucional, mediante mayores inversiones en el sector para incrementar la capacidad instalada así como la creación de fondos y fideicomisos por parte del Estado para seguir apoyando la

investigación científica y tecnológica en la materia de energías renovables e incentivar proyectos de generación distribuida. En los diferentes planes y programas relacionados al sector eléctrico el Estado plantea que impulsará cadenas locales de valor que incentiven la creación de empleos y una mayor actividad económica de la industria. Aquí lo importante es lograr aterrizar los diferentes planes y programas para que deriven en la acumulación de capacidades tecnológicas prioritarias que hagan realidad la creación de las cadenas locales de valor (en beneficio de la industria local).

Desde la visión de la empresa hay que destacar, que estas organizaciones ven con buenos ojos la actual Reforma Energética (2013), como incentivo para que el sector privado tenga una mayor participación. Sin embargo, hay que destacar que la gran mayoría de las empresas entrevistadas (particularmente las extranjeras) refieren que no ven posible que en el mediano plazo las capacidades tecnológicas que ellas acumulan en el exterior se difunda en México, en particular aquellas capacidades tecnológicas relacionadas con las actividades de I+D y de alta tecnología. Sin tratar de demeritar la importancia que las otras capacidades tecnológicas tales como la formación de recursos humanos (para la operación y mantenimiento de los parques). Pero sin lugar a dudas, es necesario impulsar una mayor derrama de capacidades al interior del país para lograr consolidar una industria local, en donde las empresas extranjeras y líderes tecnológicas en el sector podrían jugar un papel central.

Aunque es importante destacar un caso paradigmático, el de General Electric (GE), empresa que ha hecho evidente su interés de generar capacidades tecnológicas locales y no ser sólo una empresa proveedora de equipos eólicos, ejemplo de ello es GEIQ, centro de I+D con el cual la empresa busca formar y consolidar capacidades locales en el sector formando talento mexicano (ingenieros mexicanos) y potencializar sus actividades de I+D para el sector eólico en México en el corto plazo.

CONCLUSIONES GENERALES

En la actualidad, el cambio técnico y la innovación se han convertido en un gran acelerador para la transformación de las organizaciones y de las economías en general, así como para la transformación de las instituciones. En este sentido, es que la innovación, en un sentido amplio, se entiende como el conocimiento organizado y formalizado mediante un conjunto de conocimientos que sirven para la producción de diversos bienes y servicios nuevos o mejorados.

Es así que la importancia de los procesos de aprendizaje tecnológico de las organizaciones, pertenecientes a determinado sector es un aspecto central en torno a la construcción de capacidades tecnológicas, y por lo tanto para la generación de innovaciones que les permitan tener presencia en el mercado o en su sector de influencia. Destacando que los procesos de aprendizaje tecnológico de las organizaciones no es automático, más bien es por naturaleza gradual y acumulativo, se trata de un proceso social y colectivo, es local y tiene una dimensión tacita (Bell, 1984).

El aprendizaje que nos lleva a la conformación de capacidades tecnológicas hace referencia a la aptitud de hacer un uso eficaz del conocimiento tecnológico en la producción, la ingeniería y la innovación, con el fin de mantener la competitividad, tanto en precio como en calidad. “Tal capacidad permite a la empresa asimilar, emplear, adaptar y modificar las tecnologías existentes. Asimismo, le permite crear nuevas tecnologías y desarrollar nuevos productos, servicios y métodos de fabricación que respondan al cambiante entorno económico” (Kim, 2000).

En términos generales, los países en vías de desarrollo han dependido de la asimilación de tecnologías generadas en el extranjero para incursionar en procesos de innovación. Por lo tanto, la habilidad para adquirir y asimilar las innovaciones generadas en el extranjero se han considerado como críticas y prioritarias. Sin embargo, la propia adquisición e incorporación de tecnologías extranjeras no es suficiente, una vez que se han adquirido las innovaciones (o se han importado las tecnologías), los esfuerzo locales son esenciales para dominar sus elementos tácitos, al adaptarlos a las condiciones locales y al mejorarlos con el paso del tiempo (Maharajh, R. y E. Kraemer-Mbula, 2012), lo cual requiere necesariamente de la construcción y acumulación de capacidades tecnológicas.

La construcción de capacidades tecnológicas necesarias para aprovechar las oportunidades que un nuevo sector productivo brinda, requiere necesariamente de esfuerzos deliberados por parte de las diferentes organizaciones, que implican un costo sustancial, para proporcionar las condiciones necesarias para ir acumulando aprendizaje tecnológico que detonen en desarrollo tecnológico e innovación. Lo anterior, es relevante considerando que la actual dinámica economía a nivel mundial están reestructurando de manera continua las dinámicas de la innovación y la competitividad. La cambiante dinámica económica exige nuevas estrategias de innovación que incluyan la construcción de capacidades tecnológicas en áreas prioritarias que generen un mayor valor agregado.

A pesar de que el sector eólico en México es relativamente joven ha tenido una dinámica importante en su capacidad instalada y en la creciente participación de nuevas empresas y otras organizaciones, además de que se tienen proyecciones de corto y mediano plazo para que el sector siga creciendo y se posicione aún con más fuerza.

Estos son los planteamientos centrales para tratar de entender y analizar el proceso de construcción de capacidades tecnológicas de innovación del sector eólico en México. Sector que resulta relevante al considerar que en los años recientes, la energía eólica ha sido la energía renovable que mayor crecimiento ha tenido en México, además de que se espera que siga teniendo una mayor presencia en los próximos años. Sin embargo, es un hecho que el adecuado aprovechamiento de esta fuente de energía plantea diferentes retos para las organizaciones que participan en el sector, tanto para los desarrolladores, planificadores y operadores del sistema, como para las diferentes organizaciones involucradas en el desarrollo de tecnologías, componentes y servicios. En este sentido, el reto y por lo tanto, la oportunidad para las organizaciones locales es consolidar una industria eólica doméstica partiendo de las capacidades tecnológicas con las que actualmente se cuentan, pero sobre todo con el fortalecimiento y desarrollo de más y mejores capacidades tecnológicas que resulten prioritarias para el sector.

En la presente investigación, para la caracterización y análisis de dichas capacidades tecnológicas construidas por las organizaciones que participan el sector eólico en México, se partió del marco analítico de Bell y Pavitt (1995), propuesta metodológica a la que se le realizaron adaptaciones para el sector de estudio, cuyo propósito fue hacer un instrumento de análisis más adecuado al sector analizado. La estrategia de investigación se basó en la metodología de estudios de casos múltiple, logrando documentar nueve

casos, los cuales corresponde a organizaciones de diferentes sectores (educación, investigación, producción y servicios) que de alguna manera han participado en el sector eólico en México.

Recordando que el objetivo general de la investigación fue el de *“Describir y analizar la situación actual en el aprovechamiento de la energía eólica en México e identificar y explicar el tipo de capacidades tecnológicas construidas por las organizaciones (empresas, centros de I+D y universidades) que de alguna manera participan en el sector eólico en México”*. Se buscó dar cumplimiento a la primera parte de este objetivo mediante el desarrollo de los Capítulos 2 y 3. En el Capítulo 2 fueron analizados aquellos aspectos centrales que incentivaron a lo largo de la historia y en la actualidad el aprovechamiento de las energías renovables y la situación actual en su aprovechamiento tanto a nivel mundial como nacional, donde se destaca que diversos problemas como los generados por el cambio climático han sido de los sucesos centrales que han impulsado el actual aprovechamiento de estas fuentes de energía, así como un breve análisis de las actuales condiciones institucionales existentes en México para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía. En tanto que en el Capítulo 3 son analizados los elementos centrales que han incentivado el aprovechamiento de la energía eólica alrededor del Mundo, donde se destaca como uno de los principales incentivos la crisis internacional del petróleo de 1973, además de dar un panorama general de la situación actual en el aprovechamiento de la energía eólica a nivel mundial (dando un especial énfasis en los casos de éxito de España y China) y en México, centrándose principalmente en aquellos elementos que han incentivado el desarrollo de este tipo de proyectos en nuestro país, así como la situación actual y proyecciones a futuro en la explotación de esta fuente de energía.

Para el cumplimiento de la segunda parte del objetivo general, respecto al tema de capacidades tecnológicas construidas por las organizaciones que participan en el sector eólico, se buscó dar cumplimiento mediante el análisis de los estudios de caso a partir de la propuesta metodológica de Bell y Pavitt (1995), ya previamente descrita. Los resultados se encuentran documentados en los Capítulos 4 y 5 (los principales hallazgos encontrados en dicho análisis se resumen un poco más adelante).

Los objetivos particulares no son descritos aquí, considerando que en términos generales dichos objetivos son parte del objetivo general y de las preguntas de investigación. Por tal

motivo, a continuación son enumeradas las preguntas de investigación para describir de qué manera se buscó dar respuesta a las mismas.

La primera pregunta de investigación fue: *¿Cuáles han sido los principales sucesos que han favorecido el desarrollo de proyectos eólicos en México y cuál es su situación actual? y ¿Cuál es el futuro en el desarrollo de estos proyectos en México?* De manera general se puede responder que son diversos los sucesos que han favorecido el desarrollo de proyectos eólicos en nuestro país, destacando que uno de los más importantes los compromisos internacionales adquiridos por nuestro país para reducir sus emisiones de GEI; además de contar con abundantes recursos eólicos en diferentes regiones del territorio nacional; así como por tratar de replicar experiencia exitosas de otros países, pero sin lugar a dudas uno de las causas más importantes que ha permitido el desarrollo de proyectos eólicos en México tienen que ver con aspectos normativos e institucionales, ya que modificaciones realizadas a diversas leyes (como la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica en 1992) permitieron que el sector privado pudiera generar energía eléctrica mediante el viento, considerando que es justamente el sector privado el que en mayor medida ha realizado las más importantes inversiones para la explotación de la energía eólica en nuestro país. Respecto al futuro en el desarrollo de proyectos, se destaca que se tienen proyecciones positivas ya que se espera que en corto y mediano plazo exista una mayor capacidad instalada con esta fuente de energía, por lo menos 12,000 MW entre el 2020-2022, además de que se espera lograr consolidar una cadena de suministros y por lo tanto, una mayor participación de la industria local en el sector. Actualmente con los nuevos marcos normativos e institucionales, principalmente con la Reforma Energética (2013) y con diferentes programas de Gobierno asociados a impulsar al sector energético, se espera lograr construir un mayor número de capacidades tecnológicas locales y aprovechar así mayores beneficios derivados del crecimiento del sector.

La segunda pregunta planteada fue: *¿Las organizaciones que participan en el sector eólico en México han logrado construir capacidades tecnológicas? y ¿De qué tipo son y en qué nivel se encuentran?*, dicha pregunta fue resuelta mediante el análisis de cada uno de los nueve casos de estudio aquí analizados y de manera grupal mediante la integración de tres grupos de organizaciones, el grupo de los centros de I+D y entidades de educación superior (análisis presentado en el capítulo 4), y el de los dos grupos de empresas, es decir el de empresas operadoras y desarrolladoras de proyectos eólicos, así

como el grupo de empresas de servicios y componentes (resultados presentados en Capítulo 5). Lo que se puede mencionar de manera general es que las organizaciones, dependiendo de su origen y objetivos, lograron desarrollar capacidades tecnológicas importantes en casi todos los niveles, esto gracias a las diversas actividades que realizan para el sector eólico en México y por sus propios intereses por tener una mayor presencia en el sector, dentro de las más importantes destacan las capacidades referentes a la formación de recursos humanos, al diseño de diferentes prototipos y al desarrollo de diversos vínculos o acuerdos de colaboración con diversas organizaciones con el principal objetivo de difundir aprendizajes, conocimientos y para el desarrollo tecnológico. Ubicándose principalmente en los niveles básicos e intermedios de capacidades tecnológicas.

Es ente punto además es importante destacar que a partir de su origen y actividades que realizan las organizaciones para el sector eólico en México, hay capacidades que son construidas localmente (principalmente las entidades de educación superior y centros públicos de I+D, así como algunas empresas, principalmente de servicios y compontes), y otras capacidades que son construidas en el exterior, principalmente empresas transnacionales, dichas capacidades tecnológicas construidas en el exterior son las que se relacionan en mayor medida con actividades más innovadoras y de desarrollo tecnológico, capacidades que no son difundidas en México.

La tercera pregunta planteada fue: *¿Las capacidades tecnológicas con las que cuentan las organizaciones estudiadas son suficientes para una mayor participación de la industria local en el sector?*, dando respuesta a esta pregunta y a partir de la evidencia encontrada se puede afirmar que si bien las capacidades tecnológicas que las organizaciones han logrado construir son diversa e importantes, éstas no son suficientes para que las organizaciones (por lo menos las analizadas) den un salto cualitativo para el diseños y desarrollo de tecnologías locales, considerando que para qué esto sea posible se requiere de una política industrial que privilegie los aprendizajes endógenos para el desarrollo industrial local asociada al sector. Sin embargo hay que mencionar que gran parte de las capacidades tecnológicas detectadas son centrales como una primera aproximación hacia el fortalecimiento de una cadena de suministros y en la conformación de una industria local, lo anterior, considerando las proyecciones de crecimiento que la energía eólica tiene (no solamente en México sino alrededor del Mundo). Además que sería importante impulsar los mecanismos necesarios que detonen en mayores derramas de conocimiento

derivadas de las capacidades tecnológicas que las empresas multinacionales construyen en el exterior.

En la cuarta pregunta planteada es: *¿Qué perspectivas tienen los diferentes agentes (Estado, empresas y entidades de educación superior e investigación) en la construcción y consolidación de capacidades tecnológicas locales en el sector?*, para dar respuesta a esta pregunta se estructuró el Capítulo 6 en el que se hace un análisis de la visión del Estado en la conformación de capacidades tecnológicas a partir de sus diferentes programas y reformas existente para el sector eléctrico y en particular en el aprovechamiento de las energías renovables. Así mismo se hace un análisis de la visión de las entidades de educación superior y centros de I+D para la consolidación de capacidades tecnológicas en el sector, para lo cual se tomó de referencia para el análisis el CEMIE-Eólico. Y Finalmente para conocer la visión de las empresas, se presentan los resultados de la entrevistas realizadas a ocho empresas que participan en el sector eólico en México, mediante la caracterización de capacidades tecnológicas específicas.

Finalmente la última pregunta fue: *¿Se han establecido acuerdos de cooperación (vínculos) entre las diferentes organizaciones del sector eólico en México que permitan impulsar la construcción mayores capacidades tecnológicas?*, el propio análisis de capacidades dio respuesta a esta pregunta, ya que en ella se encuentra que gran parte de las organizaciones analizadas han logrado llegar a acuerdos de colaboración con otras organizaciones, tanto de su propio sector como de otros sectores (productivo, investigación, educación). Gran parte de estos acuerdos cooperativos tienen como objetivo el desarrollo tecnológico y la formación de recursos humanos en el sector eólico, dichos acuerdos han logrado conformarse mediante vínculos del tipo Universidad-Empresa-Gobierno, y acuerdos de colaboración entre socios institucionales, lo cual permitiría a las diferentes organizaciones seguir aprovechando oportunidades que el naciente sector eólico ofrece, pero sobre todo se busca difundir los conocimientos adquiridos derivados de sus propias actividades. En torno al tema de cooperación entre diferentes organizaciones para potencializar la construcción de capacidades tecnológicas un claro ejemplo es el CEMIE-Eólico.

En este sentido, se subraya que los diferentes acuerdos de colaboración han logrado en cierta medida difundir los aprendizajes tecnológicos (a un menor costo de transacción) derivados de sus experiencias y, por lo tanto, ir construyendo capacidades tecnológicas

más importantes y relevantes en torno a la conformación de una industria eólica y en el fortalecimiento de una cadena valor del sector que detone en mayores beneficios locales.

Las hipótesis en torno a las cuales fue desarrollada la presente investigación son las siguientes:

H1. *“El desarrollo de proyectos eólicos en México ha sido impulsado por diferentes motivaciones tanto internas como externas, tales como: ambientales, seguridad energética; modificaciones a los marcos normativos existentes para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía y el aprovechamiento de los recursos eólicos existentes. En el desarrollo de dichos proyectos, organizaciones de diferente origen y perfil han participado en distintas actividades, lo cual les ha permitido construir diversas capacidades tecnológicas, tanto locales como externas en el sector.”*

H2. *“Las capacidades tecnológicas con las que cuentan las diferentes organizaciones van desde la formación de recursos humanos; mejoras tecnológicas; desarrollo de componentes y equipos, actividades de I+D; vinculación tecnológica; etc., algunas de las cuales son desarrolladas localmente y otras en el exterior. Las capacidades tecnológicas construidas en el exterior cuentan con un mayor nivel de innovatividad, sin embargo dichas capacidades no son difundidas en México, lo cual limita la participación de la industria local en el sector. No obstante lo anterior, los posesos de cooperación tecnológica podrían detonar la construcción de capacidades tecnológicas locales.”*

Como fue mencionado anteriormente, para la contrastación de las hipótesis y para dar respuestas a las preguntas planteadas en el presente trabajo, se realizó un estudio de corte trasversal tomando como unidad de análisis a nueve organizaciones (casos de estudio), las cuales se dividen en tres grupos, ello en función de su origen y actividades principalmente, dichos grupos son: 1) centro de I+D y entidades de educación superior; 2) empresas operadoras o desarrolladoras de proyectos eólicos y 3) empresas de servicios y/o componentes. Estas organizaciones participan o han participado de alguna manera en los actuales proyectos eólicos que operan en México.

La evidencia demostró que las organizaciones analizadas lograron construir diversas capacidades tecnológicas locales y en el exterior (ello determinado principalmente por su origen y actividad productiva) derivado de sus actividades que realizan en el sector y que sin duda resultan importantes con la perspectiva de la conformación de una industria

tecnológica con mayor participación doméstica y para un mayor crecimiento de la cadena de suministros y/o cadena de valor del sector (aunque las capacidades tecnológicas locales existentes no sean suficientes para dicho objetivo).

El análisis y caracterización se realizó mediante la adecuación a la propuesta metodológica de Bell y Pavitt (1995), tomando la información referida por parte de expertos a partir de las entrevistas e información institucional de las empresas. A continuación se presenta un breve recuento de las principales capacidades construidas por cada organización.

- **Instituto Tecnológico del Istmo:** sus capacidades se ubican principalmente en el nivel básico e intermedio, dentro de sus capacidades básicas destaca los procesos de modelación y pruebas en laboratorio (principalmente para equipos de pequeña potencia), y desarrollo de prototipos y modelación de componentes. En el nivel intermedio sus principales capacidades se centran en la formación de recursos humanos para operación y mantenimiento de tecnologías de gran potencia (en los parques eólicos ubicados en la zona), y en procesos de ingeniería de reversa (en equipos de pequeña potencia) así como los procesos de vinculación tecnológica con organizaciones del mismo sector y del sector productivo (empresas). Si bien son pocas las capacidades en el nivel avanzado, estas resultan relevantes principalmente por los acuerdos de vinculación para fortalecer capacidades con el fin de participar más activamente en el sector, además de que existen actividades de I+D (principalmente en equipos de pequeña potencia). Destacando que las capacidades tecnológicas construidas son capacidades locales y que esperan seguir desarrollando y acumulando un mayor número de capacidades con su participación en el CEMIE-Eólico.
- **Instituto de Energía de la UNISTMO-Tehuantepec:** En el nivel básico destaca las modificaciones y adecuaciones a prototipos de pequeña potencia, así como a la formación de recursos humanos (siendo esta su función principal como centro de educación superior). Dentro de sus principales capacidades son las intermedias, aunque cabe aclarar que estas son básicamente a nivel de diseño y desarrollo de prototipos, además de los procesos de colaboración con diversas organizaciones del sector privado y con organizaciones de educación superior de la región y centros de I+D. En las avanzadas cuentan con procesos de I+D así como la formación de recursos humanos para la prestación de servicios a los parques eólicos de la región. Las

capacidades tecnológicas construidas también son locales y se espera detonarlas en mayor medida con su participación en el CEMIE-Eólico y con el desarrollo de sus proyectos en el mismo Centro, tanto para el desarrollo tecnológico como en la formación de recursos humanos.

- **Instituto de Investigaciones Eléctricas/CERTE:** El instituto sin lugar a dudas es un referente en la investigación del sector eléctrico nacional. Mediante la Gerencia de Energías Renovables es un punto de referencia para el sector eólico en México, habiendo desarrollado los primeros mapas eólicos del país, y con una importante participación en el sector desde hace ya muchos años (aún antes del desarrollo de los primeros proyectos eólicos en México). Sus capacidades tecnológicas se encuentra fuertemente consolidadas en todos los niveles siendo un centro de I+D tecnológico que también tiene un papel importante en la formación de recursos humanos altamente capacitados, y en el desarrollo de equipos de pequeña potencia. Recientemente con el proyecto para desarrollar el primer equipo de mediana potencia de México (este es la Maquina Eólica Mexicana), además de ser el líder del CEMIE-Eólico, con el cual se busca detonar diversas capacidades tecnológicas de innovación en el sector. Además, mediante el CERTE, el instituto pudo materializar parte de sus capacidades tecnológicas para el sector eólico.

Dentro de las capacidades tecnológicas de innovación básicas destacan las actividades realizadas en la propia gestión para la puesta en marcha del CERTE y, por lo tanto, en su operación y mantenimiento, lo que le ha permitido ir mejorando el funcionamiento del equipo y generar conocimientos sobre la tecnología para que ésta pueda ser mejorada (el CERTE funciona como un pequeño productor de energía). A nivel intermedio hay que destacar su papel en la capacitación de personal y en la conformación de grupos de trabajo entre socios institucionales para construir y fortalecer más y mejores capacidades tecnológicas en el sector, además de permitir la difusión de experiencias y conocimientos. En tanto, en el nivel avanzado destaca los esfuerzos realizados para el desarrollo de la Maquina Eólica Mexicana y el papel que juega el propio IIE en los procesos de vinculación con otras organizaciones del sector educativo, productivo (empresas) y claro con otros centro de I+D interesados en la construcción de más y mejores capacidades tecnológicas. Con el CEMIE-Eólico, el IIE busca materializar parte de los esfuerzos que a lo largo de su historia ha realizado en la construcción de capacidades tecnológicas locales para el sector eólico.

- **Eléctrica del Valle de México, “Parque Eólico La Mata – La Ventosa”:** la empresa se ubica principalmente en actividades básicas e intermedias las cuales se derivan principalmente por las actividades de operación y mantenimiento del parque, pero también de aquellas capacidades derivadas de la preparación y ejecución del proyecto. En el nivel básico destaca desde el licenciamiento de la tecnología hasta el mantenimiento correctivo de la tecnología que operan y adaptaciones menores (con el apoyo del proveedor tecnológico). En el nivel intermedio destacan las mejoras en los procesos de mantenimiento de los equipos, licenciamiento de nuevos componentes, así como el reclutamiento y capacitación de personal que se ubica en la propia región. Dentro de las capacidades avanzadas se ubica únicamente en función de soporte, específicamente en lo referente al desarrollo de vínculos del tipo Universidad-Empresa, con organizaciones locales. Hay que destacar que por su actividad las capacidades tecnológicas detectadas son principalmente locales, subrayando que la empresa no se involucra en el desarrollo tecnológico ni en actividades de I+D en México.
- **CFE, “Parque Eólico La Venta I y II”:** la organización se ubica principalmente en capacidades tecnológicas básica e intermedia, las cuales se derivan principalmente de las actividades propias del desarrollo y de la operación y mantenimiento de los dos parques eólicos a su cargo. Destacando que esta organización es pionera en México en la explotación del recurso eólico a gran escala. Donde destacan las capacidades el mantenimiento correctivo para aumentar la eficiencia de la tecnología, la gestión de recursos financieros, y adaptaciones menores en forma colaborativa con el proveedor tecnológico. Finalmente en el nivel avanzado, se cuenta con la capacitación de personal operativo en sitio y en colaboración con otras organizaciones, además de los acuerdos de vinculación para impulsar la investigación tecnológica en el sector. Las capacidades tecnológicas detectadas son acumuladas localmente considerando que la empresa no se relaciona en las actividades tecnologías, ya que por su actividad sus capacidades se centran principalmente en la operación y mantenimiento de los parques.
- **Acciona Energía:** en el caso particular de ésta empresa es necesario puntualizar que sus capacidades tecnológicas más importantes se desarrollan en su país de origen (España) en donde cuenta con su centro de I+D, destacando además que la maquila y ensamble de las tecnologías también se realizan en el exterior, y que por lo tanto, las principales capacidades tecnológicas no son difundidas en México. Se subraya que a

pesar de que la empresa participa en toda la cadena de valor, lo que la ubica en todos los niveles de capacidades tecnológicas estas son generadas en el exterior. Hay que destacar que de las pocas capacidades que se han logrado construir domésticamente en México se centran en actividades de vinculación con otras entidades, para proyectos tecnológicos (solares y eólicos) de pequeña potencia para ser explotados localmente (como una estrategia de responsabilidad social). Además de las capacidades que ha aportado a la capacitación de recursos humanos donde gran parte de ellos pertenecen a las zonas donde se encuentran operando actualmente los parques eólicos a su cargo. Así mismo es necesario destacar que aquellas capacidades tecnológicas de mayor valor agregado como es el desarrollo tecnológico y la I+D, difícilmente serán difundidas en México ya que los propósitos de la empresa en el corto y mediano plazo es seguir desarrollando y operando parques eólicos en México con su propia tecnología, la cual es desarrollada en su casa matriz y subsidiarias en el extranjero.

- **CISA Energía:** las capacidades de esta empresa se ubican solamente en los niveles básicos e intermedios, centradas principalmente en sus actividades de servicios para la promoción y construcción de los proyectos eólicos de gran potencia. En el nivel básico en donde destaca la programación de actividades a partir de los requerimientos del cliente, el desarrollo de ingeniería básica e ingeniería de detalle para la implementación de infraestructura. En el nivel intermedio se encuentran menos capacidades, sin embargo destaca el seguimiento y cumplimiento de las normatividades vigentes para el desarrollo de proyectos en territorio nacional y el cumplimiento de los requerimientos de los clientes y desarrolladores tecnológicos. Por su origen y actividades, la empresa no se relaciona con actividades de desarrollo tecnológico ni actividades de I+D, sin embargo las pocas capacidades con las que cuentan son construidas localmente.
- **ESEASA Construcciones:** esta es una de las empresas que menos capacidades ha logrado construir, ello en base a la metodología utilizada, esto tiene una justificación al considerar que sus actividades se centran principalmente en la prestación de servicios para el izaje de los diversos componentes y equipos eólicos. Sin embargo, hay que destacar que las capacidades con las que cuenta actualmente son importantes ya que al incursionar en el sector eólico ha mejorado y perfeccionado sus protocolos en el manejo de las diferentes tecnologías y componentes eólicos, además de interesarse por contar con los equipos más modernos (grúas) y con un personal operario altamente

capacitado, capacidades que por lo tanto, son desarrolladas localmente.

- **Trinity Industries:** esta empresa de servicios y componentes ha tenido un importante dinamismo y presencia en los parques eólicos que actualmente operan en México por sus actividades realizadas sus capacidades tecnológicas se centran principalmente en capacidades básicas e intermedias, destacando que la empresa ensambla gran parte de sus componentes en territorio nacional (principalmente torres eólicas y componentes menores internos de la torre), componentes que paulatinamente se han ido adecuando a los requerimientos de las actuales tecnologías (según los requerimientos de los clientes). Es así que sus capacidades tecnológicas tienen que ver con la maquila de componentes principalmente, los cuales son maquilados mayoritariamente en la planta de Huehuetoca, Estado de México. Es así que la empresa ha logrado desarrollar sus capacidades localmente, además que refieren que el 90% de las torres eólicas instaladas en México, son de la empresa.

Con lo anterior, se puede afirmar que la primera hipótesis queda confirmada ya que se ha demostrado que diferentes causas: como ambientales, el aprovechamiento del recurso eólico existente, los marcos normativos e institucionales, etc., han incentivaron el desarrollo de proyectos eólicos en México en donde han logrado participar diferentes organizaciones de diferente origen, organizaciones que, por sus actividades, han logrado construir diversas capacidades tecnológicas, las cuales resultan centrales y de gran relevancia, considerando que esta podrían detonar en una mayor participación de la industria local dentro de la cadena de valor del sector. Hay que destacar que las capacidades tecnológicas locales más relevantes, son las referentes en la formación de recursos humanos y el interés para desarrollar tecnologías locales en equipos de pequeña potencia, además de las capacidades derivadas de las propias actividades de operación y mantenimiento de las tecnologías instaladas y de los parques eólicos (equipos de gran potencia), en donde el mantenimiento correctivo resulta central en los esfuerzos por acumular capacidades tecnológicas internas.

Respecto a la segunda hipótesis se puede afirmar que a pesar de que las capacidades tecnológicas construidos por las organizaciones estudiadas resultan importantes, las capacidades que mayor valor agregado generan, son las que se encuentran relacionadas a actividades de desarrollo tecnológico y de I+D, las cuales son construidas principalmente en el exterior y no son difundidas localmente, lo cual limita la participación

de la industria local en el sector. Por lo tanto, resulta necesario un mayor impulso a procesos de aprendizaje tecnológico por parte de las organizaciones que permitan la construcción de capacidades tecnológicas locales, facilitando así la innovación tecnológica, lo cual tiene que ir acompañado de un buen entramado institucional y política industrial que favorezca un mayor aprovechamiento de la energía eólica, y la conformación de una cadena de valor del sector con una mayor participación de la industria local y que además, detone en la generación de mayores beneficios económicos, sociales y ambientales.

Hay subrayar que lo anteriormente planteado es posible, tal como ha quedado de manifiesto en casos internacionales abordados en la presente investigación, en particular China y España, quienes a par de la explotación intensiva de sus recursos eólicos han logrado consolidar una industria eólica local mediante el re-direccionamiento de capacidades con las que contaban en otros sectores y con la construcción y acumulación de capacidades tecnológicas propias basadas en una intensiva actividad tecnológica. Lo anterior, fue posible gracias a diversos incentivos fiscales y financieros por parte del Estado además del desarrollo de un marco normativo sólido y la implantación de objetivos claros de corto y largo plazo (política pública e industrial).

Un elemento clave en la construcción de más y mejores capacidades tecnológicas es la cooperación entre organizaciones, al ser una estrategia que permite potencializar el desarrollo de éstas, así como hacerlo de forma más económica y eficiente. El proceso de socialización del aprendizaje tecnológico, así como la asimilación y desarrollo de tecnologías, en un marco cooperativo permite reducir los diferentes costos de tracción en los que incurren las organizaciones por sus propias actividades dentro del sector. El tema de los costos de transacción, resulta relevante al considerar que dichos costos pueden resultar decisivos para la puesta en marcha de un proyecto eólico, pero también este tema resulta relevante para el caso de la construcción de capacidades tecnológicas (principalmente locales), ya que un elemento central en la construcción de capacidades tecnológicas es la difusión del conocimiento tecnológico entre las organizaciones, difusión que puede derivar en diversos costos de transacción, los cuales pueden ser reducidos (internalizados) de una manera más eficiente mediante acuerdos de cooperación entre las organizaciones, y potencializando así mayores y mejores capacidades tecnológicas con miras a la conformación de una cadena de valor local.

Respecto al tema de perspectivas a partir de las actuales reformas institucionales y programas impulsado por el Gobierno Federal, se espera que a la par del crecimiento del sector se puedan desarrollar capacidades locales, un ejemplo de ello es la creación del CEMIE-Eólico, el cual busca ser un detonador de capacidades tecnológicas prioritarias, en donde universidad, centros públicos de I+D y empresas, serán agentes claves en la construcción de dichas capacidades. Por otra parte desde la visión de las empresas hay que subrayar que no existe un gran interés ni iniciativas en el mediano plazo para difundir en un mayor grado las capacidades tecnológicas que las empresas multinacionales han logrado acumular en el exterior, sin embargo su actividad y perspectivas de crecimiento podrían dinamizar la generación de capacidades tecnológicas por parte de las organizaciones domésticas al impulsar la competencia. Lo importante es que las organizaciones locales logren aprovechar las oportunidades que el sector ofrece, ello a partir de las capacidades con las que actualmente cuentan.

Por último, respecto a las principales aportaciones de la presente tesis, se enumeran a continuación:

Primero, el marco teórico sobre Aprendizaje y Capacidades Tecnológicas, resultó central para tratar de entender el desarrollo y el potencial de innovación del sector aquí analizado, esto al considerar que muchos sectores, industrias y productivos, por lo general, se encuentran fuertemente consolidados en países desarrollados, pero que aun así tienen potencial de ser parte importante en el despliegue industrial de un país en vías de desarrollo. Este es el caso de la industria eólica en México, donde se plantea de manera importante la necesidad de que las diferentes organizaciones tanto de los sectores industriales, científicos, tecnológicos, y de educación tengan las capacidades y las habilidades necesarias, no sólo para hacer un uso efectivo y eficiente de la tecnología, sino que sean capaces de adecuar las tecnologías existentes a las condiciones locales, pero sobre todo que sean capaces de modificarla y generar nuevas tecnologías, es decir incursionar en procesos de innovación detonantes de mayores beneficios locales.

Considerando que las capacidades tecnológicas de las organizaciones son adquiridas por medio del aprendizaje tecnológico, y que surgen a partir de un contexto social, cultural e institucional favorable, es entonces que la cooperación entre las organizaciones cobra un papel relevante ya que mediante la cooperación/colaboración tecnológica se presentan como oportunidades para desarrollar y/o fortalecer las capacidades individuales y

colectivas para generar innovaciones, además, como fue planteado en el presente trabajo, es un elemento que permite a las organizaciones reducir los costos de transacción en los que incurren por la socialización del conocimiento y por la construcción de capacidades tecnológicas locales. Es así que la cooperación resulta ser un aspecto central para las organizaciones interesadas en tener mayor presencia en el sector eólico en México, considerando que la conformación de una industria eólica local requiere de procesos de aprendizaje que permita potencializar más y mejores capacidades tecnológicas de las organizaciones.

Se esta manera la tesis aporta elementos de discusión respecto a la necesidad de construir capacidades tecnológicas locales en un nuevo sector para México y de gran relevancia como es el sector eólico, con el fin de que dicho sector sea un detonante para el bienestar y crecimiento, tanto para el sector económico, como para el social y el ambiental. Si bien el tema de capacidades tecnológicas ha sido abordado de manera importante en México y otros países en desarrollo tanto a nivel de empresa como en diferentes sectores industriales, en el sector eólico no se había realizado un análisis similar, por lo cual, el presente trabajo podría considerarse pionero en la relación de dos temáticas que cada día cobra más interés en el contexto nacional: capacidades tecnológicas y energía eólica en México.

Segundo, otra contribución importante de la tesis es el haber utilizado la taxonomía de Bell y Pavitt (1995) como herramienta analítica para realizar el estudio detallado sobre capacidades tecnológicas para el sector eólico mexicano, ya que no existen antecedentes de otras investigaciones que utilizaran como base dicha metodología para el sector aquí estudiado. Hay que subrayar además que para los fines de la presente investigación se realizaron modificaciones (adecuaciones) al modelo metodológico de Bell y Pavitt (1995). Hay que destacar que dicha metodología ha sido utilizada ampliamente para el análisis de capacidades tecnologías de empresas y sectores industrias de países en desarrollo, particularmente en México se ha utilizado y adecuado para el estudio de diferentes sectores e industrias por ejemplo: la industria maquiladora de exportación, el sector de autopartes, la industria metal-mecánica, el sector de componentes eléctricos y electrónicos, sólo por mencionar algunos. Estudios que se han realizado tanto de corte longitudinal (proceso de acumulación de capacidades tecnológicas) como de corte transversa, como es el caso de la presente investigación.

Entre las principales adecuaciones realizadas al modelo metodológico original, para el estudio del sector estudiado en el presente trabajo fue la incorporación de algunas variables (actividades) que resultan centrales para poder analizar y entender al sector eólico en México, tal es el caso de la modificación de la tecnología (a partir de las condiciones físicas locales presentes en México); la formación de recursos humanos, la capacitación de personal así como los tipos de vinculación que las organizaciones desarrollan (por ejemplo: universidad-empresas-Gobierno), mejora tecnológica en territorio nacional, entre otras. Además de que la metodología fue aplicada a otras organizaciones como universidades y centros de I+D y no únicamente a empresas como tradicionalmente se había realizado.

Una crítica a la propuesta original de Bell y Pavitt (1995) y que por lo tanto, podría ser nuevo aporte a dicha metodología, es la incorporación de nuevas actividades en las diferentes funciones técnicas, es decir podría ser enriquecida con la incorporación de elementos institucionales, contextuales y ambientales, por lo menos, estos son elementos centrales para tratar de entender y caracterizar las capacidades tecnológicas de las organizaciones estudiadas dentro el sector eólico. Hay que destacar que dichos aspectos no fueron incorporados al actual análisis ya que fue una crítica derivada de los resultados obtenidos actualmente.

Tercero, en lo que respecta a las aportaciones empíricas, éstas radican principalmente en incorporar actividades que resultan centrales para entender a las organizaciones en su desempeño en el sector, las cuales ya se mencionaron anteriormente, y que fueron resultado del propio trabajo de campo con información obtenida de personas expertas en el sector y de estudiar más al sector. De igual manera, el trabajo de campo y documental sobre el sector permitió entender que las organizaciones tienen sendas de aprendizaje, y por lo tanto, capacidades tecnológicas distintas ya que estas dependen de su propia realidad, origen y objetivos, por esta razón fue necesario ubicar y analizar a las organizaciones estudiadas en tres grupos, el primer grupo corresponde a centros de I+D y entidades de educación superior; el segundo son empresas desarrolladoras y operadoras de parques eólicos de gran potencia y; el tercero con empresas desarrolladoras de componentes y servicios. De esta manera se encontró que las capacidades con las que cuentan las empresas no se encuentran distribuidas homogéneamente ya que la construcción de las capacidades en el sector eólico están determinadas por sus actividades que desarrollan, es así que la organización por grupos permitió identificar

aquellas capacidades que pueden llegar a ser comunes entre determinadas organizaciones. Además de que la construcción de capacidades tecnológicas surgen en diferentes ámbitos, tanto locales como en el exterior, y donde las capacidades construidas por las empresas transnacionales líderes en el sector (en el exterior) difícilmente son difundidas localmente.

Con la caracterización y análisis de capacidades tecnológicas de las organizaciones estudiadas, se logró identificar que sus capacidades se encuentran principalmente en capacidades tecnológicas básicas e intermedias, las cuales están en función del propio origen o razón de ser de la organización y, por lo tanto, de sus actividades lo cual genera capacidades tecnológicas propias (particulares), donde las de mayor valor agregado son desarrolladas por las empresas transnacionales y que son difícilmente difundidas al interior del país. Además de subrayar que gran parte de las capacidades de diversas organizaciones, principalmente las de educación se centran en la I+D de equipos de pequeña potencia, los cuales no tienen punto de comparación hacia las tecnologías de gran potencia, es así que gran parte de las capacidades se centran en formar recursos humanos (mano de obra) para la prestación de servicios a los parques eólicos de gran potencia, principalmente para la operación y mantenimiento.

En este sentido hay que hacer hincapié en que los procesos de cooperación son un tema central, como estrategia para generar mayores capacidades tecnológicas e innovaciones en el sector y tener así una mayor participación en el mismo, lo cual resulta ser un elemento prioritario con el propósito de que las organizaciones locales puedan seguir construyendo más y mejores capacidades tecnológicas y poder conformar así una industria local que logre difundir mayores beneficios, es decir que el sector eólico pueda ser un polo de desarrollo económico para México.

Finalmente, a continuación se presentan las recomendaciones de política y las posibles líneas de investigación futuras derivadas del presente trabajo.

RECOMENDACIONES DE POLÍTICA Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Recordando que la innovación está íntimamente ligada a creación de valor a partir de conocimiento tecnológico, lo cual se puede ver reflejado en el suministro de un nuevo bien o servicio al mercado así como en las nuevas formas de fabricación y de organización de la producción, en donde las capacidades tecnológicas construidas por los diferentes agentes (organizaciones) resultan centrales, más aún cuando se intenta desarrollar o explorar un nuevo sector, como es el naciente sector eólico en México. Un problema al que se enfrentan muchos de los países en desarrollo al tratar de incorporar un nuevo sector productivo, es que las empresas locales se ven claramente superadas por las empresas internacionales, las cuales a lo largo de su historia han logrado acumular fuertes e importantes capacidades tecnológicas, las cuales difícilmente se difunden localmente, lo cual relega a las diferentes organizaciones locales a los segmentos de especialización de bajo valor agregado dentro de la cadena de valor del sector. Aunado a lo anterior, “las características del entorno en el que se desenvuelven las empresas, con relación a la industria y a las instituciones de Gobierno o a las de servicios, también inciden en la forma de innovar” (Villavicencio, 2012: 32) y por supuesto en el nivel de innovación.

En este sentido, son prioritario mayores esfuerzos por parte de los diferentes actores de una economía, tanto del sector productivo, como del sector educativo, pero sobre todo del Gobierno, ya que este último tiene que dirigir e impulsar mayores esfuerzos en apoyar a aquellos “campos del conocimiento cuya aplicación y desarrollo [...] resulten redituables social, ambiental y económicamente en el país” (FCCyT, 2006b), como es el caso de las energías renovables, y en particular a la energía eólica, la cual ha tenido un desempeño importante y con proyecciones aún más positivas. De esta manera, una primera recomendación es la necesidad de aumentar las inversiones, tanto materiales como humanas, en los programas de I+D dirigidos al sector energético renovable, con el objetivo de acumular más capacidades tecnológicas locales.

En esta línea, la evidencia recabada en la presente investigación, ha demostrado que las organizaciones analizadas cuentan con diferentes capacidades tecnológicas tanto en la I+D tecnológico, mejoras tecnológicas, formación de recursos humanos, acuerdos de

vinculación, etc., sin embargo las capacidades tecnológicas involucradas en los sectores de mayor valor agregado son acumuladas principalmente en el exterior, por grandes empresas multinacionales y, que por lo tanto, son difícilmente difundidas en México.

A pesar de las nuevas condiciones institucionales y normativas promovidas por el Estado recientemente, la realidad es que no se cuenta con una política industrial definida que enfoque sus esfuerzos para aprovechar las oportunidades que el sector eólico ofrece y para la consolidación de más y mejores capacidades tecnológicas que den respuesta a los actuales y futuros requerimientos del sector (a partir de sus proyecciones de crecimiento). Es decir hace falta una política industrial sólida que estimule el crecimiento de la industria local con el fin de generar mayores beneficios tanto en el ámbito ambiental, como en el económico y social.

El sector eólico en México, bien podría posicionarse como una fuente de conocimiento y de derrama tecnológica, como ha ocurrido en muchos otros países que han hecho del sector todo un éxito (tanto en el aprovechamiento intensivo del recurso como el desarrollo de una industria local ligada al sector), pero la realidad es que actualmente en México la mayor tasa de beneficio económico generado por los grandes proyectos eólicos es para las empresas extranjeras. Por ejemplo, respecto al tema de la cadena de proveeduría local para el sector eólico, ésta se encuentra presente de manera muy débil, ya que para las empresas mexicanas es complicado competir con empresas trasnacionales con una larga tradición y experiencia en el sector, aunado a que la industria eólica exige grandes inversiones y cumplir con estándares de calidad y normas (legislaciones) muy rigurosos.

Por tal motivo, se puede afirmar que parte de la solución (y por lo tanto una recomendación) es el impulso a una política industrial integral que incentive el desarrollo de capacidades tecnológicas por parte de organizaciones mexicanas (y en México) y en el aprovechamiento de derramas tecnológicas de las empresas extranjeras, este último punto se puede realizar atrayendo a empresas líderes en el sector a nivel mundial con actividades de alta manufactura y ensamble de componentes y equipos, con el fin de detonar un industria local, como fue la estrategia de China. Para lo cual es necesarios no sólo ofrecer incentivos financieros y subsidios para el desarrollo de proyectos eólicos, sino impulsar a las empresas de alta tecnología para que se ubiquen en México y realicen actividades con mayor nivel tecnológico, como el ensamble y la maquila, pero sobre todo actividades de I+D para la generación de nuevos productos y procesos (que sean

competitivos tanto para el mercado local como para el internacional). El objetivo es que los diferentes incentivos logren acelerar el proceso de acumulación de capacidades tecnológicas prioritarias para el sector y que se diversifiquen los beneficios económicos generados en toda la sociedad.

De esta manera, es que resulta necesario fortalecer las actividades de I+D que permitan aprovechar e incrementar los potenciales técnicos y económicos de la energía eólica. En este sentido, programas de Gobierno como el Fondo Sectorial SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética (FSE) que permitió la creación del CEMIE-Eólico y el Programa de Desarrollo de las Industrias de Alta Tecnología (PRODIAT) de la Secretaría de Economía, son un buen inicio para ir desarrollando capacidades tecnológicas locales, sin embargo estas iniciativas se quedan muy cortas en la estrategia de contar con una cadena de valor del sector sólida y que dé respuesta a los crecientes requeridos del sector.

Los marcos normativos previos a la Reforma Energético (2013) permitieron la participación de manera importante del sector privado en el aprovechamiento de los recursos eólicos, en donde son las grandes empresas las que han tenido la posibilidad de participar intensivamente en el sector, tanto en el desarrollo de los proyectos como en la venta de tecnologías, dejando al margen a las pequeñas empresas locales y que aún con las llamadas “Reformas Estructurales” no se ve claramente que surja una mejoría para dichas empresas. Pese a que los diferentes sectores industriales y empresas tienen una ventaja comparativa para hacer del sector eólico un éxito, considerando las proyecciones de crecimiento del sector localmente y regionalmente (Latinoamérica) no hay certidumbre al ver que el mercado seguirá dominado por las grandes empresas extranjeras.

De esta manera se puede afirmar que si bien las diferentes capacidades tecnológicas con las que actualmente cuentan las organizaciones son importantes (tanto las desarrolladas localmente como en el extranjero), estas no son suficientes para dar un salto tecnológico sustancial en el sector, aunado a que existen procesos de vinculación tecnológica limitadas y una baja difusión del conocimiento del exterior (lo cual limita las derramas de conocimiento de las grandes empresas tecnológicas que participan en el sector eólico en México).

Por tal motivo, se recomienda que desde el Gobierno Federal (el Estado) se implemente una política industrial disruptiva (integral) que impulse la construcción de capacidades

tecnológicas locales, en donde un primer paso sería adquirirlas a partir de la instalación de empresas multinacionales líderes en el sector para que realicen en México actividades de I+D, manufactura de alta tecnología y ensamble. Política que tendría que estar apoyada en estímulos fiscales (estímulos a la inversión), el establecimiento de *clústers* (o alguna zona de desarrollo tecnológico del sector eólico) en donde participen empresas locales como multinacionales líderes en el área con el fin de fortalecer la cadena de valor de manera local (y la cadena de proveeduría) y aumentar la infraestructura productiva del sector y los recursos humanos. Además de establecer un porcentaje de participación más ambicioso de los componentes nacionales, esto como una condición necesaria para participar en el sector (como lo ha hecho China y Brasil).

Otro elemento central dentro de la política es el referente a incentivar y apoyar en mayor medida la participación de las universidades y centros públicos y privados de I+D para tener una aportación más fuerte en las actividades de I+D tecnológico y en las presentación de servicios con mayor valor agregado. Además de ser pilares en la promoción de la vinculación con la empresa impulsando así la actividad productiva del país, basado en formación de capital humano capacitado y especializado para las áreas donde el sector lo requiera (principalmente aquellas áreas de mayor valor agregado).

Así mismo es necesario un mayor impulso a la generación de energía eléctrica distribuida con base a las fuentes renovables de energía, en donde la eólica tendría un gran potencial a partir de las capacidades tecnológicas con las que hoy cuentan muchas organizaciones, en particular el área de turbinas de pequeña potencia. Mediante los esquemas de generación distribuida podría darse abasto eléctrico a lugares remotos donde no se cuenta con el servicio o bien mediante sistemas interconectados a la red. El impulso a esta alternativa de abasto energético, podría impulsar de una manera más acelerada una industria local y que generar beneficios a corto plazo, sin embargo esta alternativa requiere necesariamente de un mayor impulso por parte del Estado para impulsar en mayor medida actividades de ciencia y tecnología.

Finalmente, hay que subrayar que México se encuentra a tiempo para hacer de la energía eólica un polo de desarrollo económico, ambiental y socialmente viable, para lo cual se recomienda establecer de manera urgente los ambientes que estimulen la construcción de capacidades tecnológicas innovadoras en el sector. Por tal motivo urge una clara apuesta hacia la creación de acuerdos entre los diferentes agentes (productivos, educación y

Gobierno) que constituyan las condiciones para el establecimiento de un tejido industrial sólido en el sector. En este sentido, el papel de la cooperación y la creación de alianzas estratégicas entre las diferentes organizaciones que participan o desean participar en el sector es un elemento central y prioritario.

Tal como lo menciona el FCCyT (2006a), el desarrollo económico será posible cuando la base del conocimiento, se sustente en la preservación del medio ambiente, además de un perfil productivo donde se generen capacidades tecnológicas en sectores prioritarios (como la energía eólica) y sectores productivos y empresariales que contribuyan al desarrollo regional a partir del impulso a actividades de innovación. Lo cual requiere de políticas de estado integrales y una mejora sustancial en el actuar del Gobierno.

Futuras líneas de investigación

Las futuras líneas de investigación que a continuación se presentan se fundamentan en los resultados y experiencias adquiridas durante el desarrollo de la presente tesis doctoral. Si bien, no son todas las inquietudes surgidas a lo largo del trabajo si se enumeran las que se consideran las más relevantes.

1. Reconociendo que la metodología de estudio de caso presenta limitaciones al no permitir hacer generalizaciones estadísticas, también se reconoce que dicha metodología si permite dar evidencia respecto al funcionamiento y el comportamiento de un sector determinado desde un enfoque cualitativo, en este sentido, una futura línea de investigación es incorporar un mayor número de empresas al análisis e introducir elementos cuantitativos al estudio. Así mismo en un segundo abordaje de la problemática de estudio se podría hacer un análisis longitudinal para analizar el proceso de acumulación de capacidades tecnológicas de las organizaciones estudiadas.
2. El actual estudio se basa en analizar las capacidades tecnológicas de las organizaciones en México (de sus actividades y desempeño), sin embargo otra línea de análisis podría estar centrado el desempeño innovador y de acumulación de capacidades tecnológicas de las empresas multinacionales en sus países de origen (o en otro país donde hayan tenido una presencia importante) para contrastarlas con su desempeño en México.

3. Analizar a profundidad el tema de políticas públicas, tanto en tema de implicaciones como de potencialidades para el desarrollo de capacidades tecnológicas en el sector y la consolidación de una industria eólica local. Ello permitiría tener una mayor claridad sobre lo que existe y haría falta, con el fin de diseñar y proponer políticas públicas encaminadas a generar capacidades tecnológicas y aprovechar las derramas tecnológicas que el desarrollo de un nuevo sector ofrece. Esta posible línea de investigación se centra en enfatizar que el desarrollo de capacidades tecnológicas locales, debe de ir acompañada de diversas políticas públicas e industriales que permitan el aprovechamiento de las diversas ventajas de oportunidad que un nuevo sector ofrece, con el fin de diversificar los beneficios localmente.
4. El análisis de la cadena de valor asociada al tema eólico es un tema que resultaría importante estudiar a profundidad con el propósito de conocer la dinámica empresarial asociada al aprovechamiento eólico, si bien el tema sí fue abordado, sería pertinente hacerlo en una mayor profundidad y con otras herramientas metodológicas y analíticas.
5. Otra línea de investigación podría ser análisis de capacidades tecnológicas en los demás sectores energéticos, principalmente en los diversos energéticos renovables, lo cual sería posible mediante la aplicación de la metodología utilizada en la presente investigación, para tal propósito se requeriría de la adecuación a cada una de las tecnologías, considerando sus particularidades y especificidades.
6. Finalmente en tema de la generación distribuida en base a energías renovables (particularmente la energía eólica), sería una línea de investigación que podría ser explotada, especialmente desde las potencialidades que se tienen con las actuales capacidades tecnológicas con las que cuentan diversas organizaciones en México para la conformación de una industria doméstica en equipos de pequeña potencia.

Bibliografía

- Alchian, A. y H. Demsetz (1972). “Producción, costes de información y organización económica” en *The American Economic Review* (1972): pp. 777-95.
- Alvarado, R. (2009). *Cooperación entre Firms y Ecología Industrial. Un estudio de caso: Industria Mexicana de Reciclaje*, Tesis presentada para obtener el grado de Maestro en Economía y Gestión de la Innovación, Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco, México.
- Alvarado, R. (2013). “Cooperación empresarial y ecología industrial: el reciclado de PET” en Carrillo, G. (coordinadora), *La ecología industrial en México*, Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México.
- Anónimo (s.f.). “III. Maquinas eólicas: Cargas, orientación y regulación”, pp. III-41- III-59. Disponible en: <http://exa.unne.edu.ar/fisica/maestria/modulo2/eolica/eolo32002.pdf>
- Anónimo (s.f.). “Políticas de Fomento y Cadenas de Valor del Sector Eólico Gallego”. Disponible en: http://www.altec2013.org/programme_pdf/593.pdf
- Arias, A. (2004). *Capacidades Innovadoras en la Industria Maquiladora de Exportación en México: El caso de DELPHI CORP. Una empresa proveedora del sector automotriz*, Tesis presentada para obtener el grado de Doctora en Ciencias Sociales con énfasis en Desarrollo Tecnológico, Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco, México.
- Ayala, J. (1999). *Instituciones y economía: una introducción al neoinstitucionalismo económico*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Bañuelos, E. (2005). *Aprendizaje y capacidades tecnológicas en empresas originadas en instituciones públicas de investigación: el caso de MAPPEC*, Tesis presentada para obtener el grado de Maestro en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico, Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco, México.
- Bañuelos, E. (2010). “Acumulación de capacidades tecnológicas en empresas spin-off: el caso de MAPPEC S.A. de C.V.”, en Memorias CONCYTEG, Guanajuato México.
- Battram, Arthur, (2001). *Navegar por la complejidad: Guía básica sobre la teoría de la complejidad en la empresa y la gestión*; Ediciones Granica, España.
- Blaug, M. (1963). “Reseña de la teoría de las innovaciones de procesos”, en Rosemberg (ed) *Economía del cambio tecnológico*, Fondo de Cultura Económica, México.

- Bell, M. (1984). "Learning and the Accumulation of Industrial Technological Capacity in Developing Countries". In Fransman and K. King (eds), *Technological Capability in the Third World*. Macmillan, London: 187-209.
- Bell, M. and K. Pavitt (1995). "The Development of Technological Capabilities" In: Haque, I. (ed.) *Trade, Technology and International Competitiveness*. The World Bank, Washington: 69-101.
- Boudon, R. y P. Lazarsfeld (1973). *Metodología de las Ciencias Sociales*. Editorial Laíá. España.
- Borja M. y R. Gózales (2000). Investigación y Desarrollo Tecnológico en el tema de la generación eoloeléctrica, *Boletín iie, julio-agosto (México)*, pp. 178-185. Disponible en: <http://www.iie.org.mx/bolEA00/art1.pdf>.
- Borja M., O. Jaramillo y F. Mimiaga, (2005). Primer documento del Proyecto Eoloeléctrico del corredor eólico del Istmo de Tehuantepec, Instituto de Investigaciones Eléctricas, México.
- Carbajal, A. (2010). "Las capacidades tecnológicas como base para el desarrollo" en *Revista electrónica: Actividades investigativas en educación*, Vol. 1, pp. 1-19, Universidad de Costa Rica.
- Carrillo J. y D. Villavicencio (2012). "Empresas y su entorno. El debate de la innovación", en Carrillo J., A. Hualde y D. Villavicencio, (coordinadores), *Dilemas de la innovación en México: dinámicas sectoriales territoriales e institucionales*, Colegio de la Frontera Norte A. C., México.
- Casas, R., C. de Fuentes y A. Vera-Cruz (coordinadores), (2007). *Acumulación de capacidades tecnológicas aprendizaje y cooperación en la esfera local y global*, Universidad Autónoma Metropolitana, M. A. Porrua (editor), México.
- Coase, R. (1937). "La naturaleza de la empresa", en Williamson, O. y S. Winter, (1996), *La naturaleza de la empresa: Orígenes, evolución y desarrollo*, FCE, México.
- Cohen, W. y D. Levinthal (1990). "Adsorptive capacity: a new perspective on learning and innovation", In *Administrative Science Quaterly*, vol. 35, núm.1.
- Contreras, O., J. Carrillo y J. Olea (2012). "Desprendimientos de las multinacionales, ¿Una vía para el aprendizaje y la innovación en empresas locales?", en Carrillo J., A. Hualde y D. Villavicencio, (coordinadores), *Dilemas de la innovación en México: dinámicas sectoriales territoriales e institucionales*, Colegio de la Frontera Norte A. C., México.
- Corona, L., (2002). *Teorías económicas de la innovación tecnológica*, IPN, México.

- Corona, L. y R. Hernández (coordinadores) (2002). *Innovación, universidad e industria en el desarrollo regional*, IPN y Plaza & Valdes Editores, México.
- Corona, L. y J. Jasso (2005). “Enfoques y características de la sociedad del conocimiento. Evolución y perspectivas para México”, en Sánchez, G. (Coordinador) *Innovación en la sociedad del conocimiento*, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, UNAM, Red de Investigación y Docencia en Innovación Tecnológica, México.
- Corona, L. y X. Paunero (coordinadores) (2013). *Ante la crisis: estrategias empresariales de innovación en México y España*, Siglo XXI, México.
- Cortés, M. y M. Iglesias (2004). *Generalidades sobre Metodología de la Investigación*, Universidad Autónoma del Carmen, México.
- Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (1992). Naciones Unidas.
- Cuestas, M., M. Pérez y J. Cabrera, (2008). Aerogeneradores de potencia inferior a 100KW, *Prospectiva y vigilancia tecnológica*, VT-3/08/Ed1, pp. 1-37, España. Disponible en: www.ciemat.es/recursos/doc/Areas.../34301686_211200911951.pdf.
- Dahlman, C. (1979). “The Problem of Externality” in *Journal of Law and Economics* 21 (2): pp. 141–162.
- Demsetz, H. (1996). “Una revisión de la teoría de la empresa”, en Williamson, O. y S. Winter (compiladores), *La naturaleza de la empresa: orígenes evolución y desarrollo*, FCE, México.
- Dodgson, M. (1993). “Organizational Learning: A Review of Some Literatures”. In *Organizational Studies*, vol. 14, Núm. 3. UK: 375-394.
- Domínguez, L. y F. Brown, (2004). “Medición de las capacidades: tecnológicas en la industria mexicana”, en *Revista de la CEPAL*, No. 83, Santiago de Chile.
- Dutrénit, G. y C. de Fuentes, (2009). “Derramas de conocimiento y capacidades de absorción”, en Dutrénit, G., *Sistemas regionales de innovación: un espacio para el desarrollo de la PYMES*, UAM, México.
- Dutrénit, G., J. Jasso y D. Villavicencio (coordinadores), (2007). *Globalización, acumulación de capacidades e innovación*, FCE, México.
- Dutrénit, G., A. Vera-cruz, A. Arias, J. Sampedro y A Urióstegui, (2006). *Acumulación de capacidades tecnológicas en subsidiarias de empresas globales en México: el caso de la industria maquiladora de exportación*, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco y Miguel Ángel Porrúa Editores, México.

- Dutrénit, G. y A. Vera-Cruz (2001). “Aprendizaje, Conocimiento y Capacidades Tecnológicas”, Monografía No 2 del proyecto Aprendizaje Tecnológico y Escalamiento Industrial: Generación de Capacidades de Innovación en la Industria Maquiladora de México, COLEF/FLACSO/UAM.
- Dutrénit, G. (2000). “Capacidades Tecnológicas, I&D y Apertura”, en *El Mercado de Valores*. Núm. 2, año LX. Nacional Financiera, México, febrero: 29-35.
- El Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (1997). Naciones Unidas.
- Espejo, C. y R. García (2012). “La energía eólica en la producción de electricidad en España” *Revista de Geografía Norte Grande*, 51: 115-136, España.
- FCCyT, A.C (2013a). “Propuestas para contribuir al diseño del PECiTI 2012-2037: Metaevaluación del Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI 2008-2012)”, México, D.F.
- FCCyT, A.C (2013b). “La Reforma Energética en México 2013: Pensando el futuro”, México, D.F.
- FCCyT, A.C y OCDE (2012a). “La Medición de la innovación: una nueva perspectiva”, México, D.F.
- FCCyT, A.C y OCDE (2012b). “La innovación y la agenda de desarrollo”, México, D.F.
- FCCyT, A.C. (2006a). Bases para una Política de Estado en Ciencia, Tecnología e Innovación en México, México, D.F.
- FCCyT, A.C. (2006b). Conocimiento e Innovación en México: Hacia una Política de Estado. Elementos para el Plan Nacional de Desarrollo y el Programa de Gobierno 2006-2012, México, D.F.
- Fernández, J. y N. Arranz (1999). *La cooperación entre empresas: Análisis y diseño*, Editorial Esic, España.
- Freeman, C. (1974). *La teoría económica de la innovación industrial*, Editorial Alianza, Madrid.
- Gabinete Productivo (s.f.). “Cadenas de Valor (i)”, Montevideo, República Oriental del Uruguay.
- Gandlgruber, B. (2003). “La concepción de las instituciones en la economía contemporánea”. *Revista Análisis Económico*. Segundo semestre. Año/Vol. XVIII Número 038. UAM Azcapotzalco. México D. F. P.ag. 73-95
- Gandlgruber, B. (2004), *Abrir la caja negra: teorías de la empresa en la economía institucional*. *Revista Análisis Económico*. Segundo cuatrimestre, año/vol. XIX, Número

041. UAM Azcapotzalco. México D. F. P.ag. 19-58
- García, A., A. Lara, y E. Taboada, (2004). “La coordinación *híbrida* desde las perspectivas de Williamson y de Nooteboom” en *Análisis Económico*, Núm. 40, vol. XIX, Primer cuatrimestre de 2004, México.
 - González, L. (2003). *Cooperación y empresas: retos, presente y futuro*, Thomson, España.
 - Greenpeace (2013). “La Reforma Energética que México necesita” Greenpeace, México, www.greenpeace.org.mx
 - Global Wind Statics, (2014), (GWS-GWC, 2014), Global Wind Council, Belgium.
 - Global Wind Report (2013), (GWR-GWC, 2013) Global Wind Council, Belgium.
 - Hodson, Geoffrey M. (2001). “*El Enfoque de la Economía Institucional*”. Revista *Análisis Económico*. Segundo semestre. Año/Vol. XVI Número 033. UAM Azcapotzalco. México D. F. P. pag. 3-41.
 - Hodgson, Geoffrey M. (2006). “Economía institucional y evolución contemporánea”, UAM Cuajimalpa. México D. F. P.ag. 249.
 - Huacuz, J. (2008), “Energías renovables: la Reforma olvidada” en Revista Ciencia y Tecnología, CONACYT, México.
 - Huacuz, J. (2012). “Aportaciones del Instituto de Investigaciones Eléctricas al desarrollo eólico nacional” en Rubricas número 3, primavera-verano, Universidad Iberoamericana-Puebla, México.
 - Huacuz, J. (2013). “El Capital Humano Especializado, Eslabón Crítico de la Cadena de Suministro Eólica”, Ponencia presentada en México WindPower 2013, México.
 - Iannini, R., J. González y S. Mastrángelo, (2001). Energía Eólica: Teoría y Características de Instalaciones, Boletín Energético N 13, pp. 1-53, Disponible en: <http://www.cnea.gov.ar/xxi/energe/b13/eolica1.pdf>
 - IPCC (2007), Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
 - IPCC. (2013). *Climate Changes 2013: The Physical Science Basis* (Marzo de 2014 ed.). IPCC, Cambridge University Press.
 - IPCC. (2013). *Comunicado de Prensa IPCC, La influencia humana en el clima es clara, según informe del IPCC*. Ginebra, Suiza.
 - IPCC. (2014a). *Cambio Climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad - Resumen para responsables de políticas*. (V. R. C.B., Ed.) Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.

- IPCC. (2014b). *Climate Changes 2014: Mitigation of climate Changes. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (O. R.-M. Edenhofer, Ed.) United Kingdom and New York: IPCC, Cambridge University Press.
- Íñiguez, L. (1995). "Métodos Cualitativos en Psicología Social" *Revista de Psicología Social Aplicada*, Vol.5, No. 1/2.
- Jasso, J. y R. Ortega (2007). "Acumulación de capacidades tecnológicas locales en un grupo industrial siderúrgico en México, en *Contaduría y Administración, sep-dic, no. 223*, UNAM, México, pp. 69-89.
- Jiménez, L., (2005). "Modelización sistémica de la innovación y del aprendizaje tecnológico" en *INNOVAR. Revista de ciencias administrativas y sociales*, enero-junio, número 025, pp. 81-89, Universidad Nacional de Colombia.
- Katz, J. (1998), "Aprendizaje tecnológico ayer y hoy", en *Revista CEPAL*, extraordinario (octubre), P63-67.
- Kim, L. (1997). *From imitation to Innovation. The Dynamics of Korea's Technological learning*. Boston, Mass.: Harvard Business School Press.
- Kim, L. (2000). *La dinámica del aprendizaje tecnológico en la industrialización*, consultado el 2 de marzo de 201, disponible en: <http://www.oei.es/salactsi/limsu.pdf>
- Lall, S. (1987). "The Acquisition of Technological Capability by India". In *Learning to Industrialize*. Macmillan, London.
- Lall, S. (1992). "Technological Capabilities and Industrialization", *World Development*, vol. 20, núm. 2, pp. 165-186.
- Lall, S. (2000). "Technological Change and Industrialization in the Asian Newly Industrializing Economies: Achievements and Challenges", In Kim And Nelson, *Technology, Learning, & Innovation Experiences of Newly Industrializing Economies*, Cambridge.
- leonardo-energy, Manual Práctico de evaluación de una instalación de energía eólica a pequeña escala, Universidad Politécnica de Madrid, pp. 1-20, Disponible en: http://www.bibliotecaverde.org/images/3/3b/Manual_eolica_es.pdf.
- Lewis, J. (2012). *Green innovation in China: China's wind power industry and the global transition to a low-carbon economy*, Columbia University Press, New York, USA.
- López, N., J. Montes y C. Vázquez (2003). "Fuentes tecnológicas para la innovación", *Revista madri+d*, número 20, diciembre 2003-enero 2004, España.

- Lundvall (1992) (Ed.) *National Systems of Innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*, London: Pinter, 342.
- Maharajh, R. y E. Kraemer-Mbula (2012), “Estrategias de innovación en los países en desarrollo”, en OCDE y FCCyT (2012b) *La innovación y la agenda de desarrollo*, México.
- Mansfield, E. (1961), “El cambio técnico y la tasa de imitación”, en Rosemberg (ed) *Economía del cambio tecnológico*, Fondo de cultura económica, México.
- Marcelle, G. (2004). *Technological learning: A strategic imperative for firms in the developing world*, USA.
- Maxwell, P. (1981). *Technological Policy and Firm Learning in Less Development Countries: a Case Study of the Experience of the Argentina Steel Firm Acindar SA*. D. Phill, SPRU, Sussex. Cap. 2.
- Melgoza, R. y M. Álvarez (2012). Aprendizaje y acumulación de capacidades tecnológicas en la manufactura de autopartes en México, *Revista de Contaduría y Administración, UNAM*, vol.57 no.3 México jul. /sep.
- Moragues J. y Rapallini A., (2003). Energía eólica, *Revista del Instituto Argentino de la Energía “general Mosconi”*, pp. 1-2. Disponible en: http://www.iae.org.ar/renovables/ren_eolica.pdf
- Monroy (2001). Energías renovables: Eólica, *Tecnología Industrial*, pp. 1-4, Disponible en: <http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/eolica.pdf>.
- Mowery, D. y N. Rosemberg (1979). “The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies”, *Research Policy*, 8:2.
- Muños, Gallego P. (1995). “Bases para el análisis de la integración vertical en distribución comercial” en *Derecho Privado y Constitución*, Núm. 5. Enero-Abril, Universidad de Salamanca.
- Nelson, R. y Winter S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, USA.
- North, D. C. (1989). “A Transaction Cost Approach to the Historical Development of Politics and Economies”, *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, N. 145, pp. 661-668.
- Olivé, L. (2010), “Filosofía: la innovación ante la sociedad del conocimiento”, en Corona, L. (2010) (coord.), *Enfoques de la innovación ante la sociedad del conocimiento*, Facultad de Economía, UNAM.

- Ortega R. (2005). "Aprendizaje y acumulación de capacidades tecnológicas en un grupo del sector siderúrgico", en *Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, Universidad Nacional de Colombia, enero-junio, Núm. 025, pp. 90-102.
- Ostrom, E. (2008). "Institutions and the environment", *Economic Affairs*, Vol. 28 (3), pp. 24-3.
- Ostrom, E. (2009). "A general framework for analyzing sustainability of Social-Ecological Systems", *Science*, 325, pp. 419-422.
- Pavitt, K. (2004). The processes of innovation, en Fagerberg, F., Mowery, M. y R. Nelson (eds), *Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press.
- Pérez, C. (1986). Las nuevas tecnologías: una visión en conjunto, en C. Ominami, Editorial Latinoamericano, Argentina.
- Pérez, C. (2004). *Revoluciones tecnológicas y capital financiero*; Editorial Siglo XXI; México.
- Plan Estratégico del CEMIE-Eólico (2014). disponible en: <http://evaluarer.iie.org.mx:8080/cemie/Portals/0/Publicos/D2-Plan-Estrategico-CEMIE-E-CAR.pdf>
- Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética, (PEFRHME, 2014). Secretaría de Energía, Secretaría de Educación Pública y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.
- Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2012-2026 (POISE), CFE (2012). México.
- Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables (2012), México.
- PROMEXICO (2013 y 2014). Energías Renovables, Unidad de Inteligencia y Negocios, México.
- Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027, SENER (2013). México.
- Reforma Energética (2013). Reforma Constitucional en Materia de Energía, Gobierno de la República, México.
- Regueiro, R., X. Doldán y a M. Chas (s.f.). El sector eólico y el desarrollo de las energías renovables en la Unión Europea, China y Japón: políticas de fomento y justificación energética y ambiental. Disponible en: <http://www.usc.es/congresos/xiirem/pdf/95.pdf> (fecha de consulta: agosto de 2014)
- REN21. 2014. *Renewables 2014 Global Status Report* (Paris: REN21 Secretariat).

- Rist, R. (1997). *On the relations among education research paradigms: From disain ton detente*. Anthropology and Education.
- Rodríguez, L. (2011). "Dar continuidad a la industria eólica mexicana" en *Energía y Debate*, año 8, no. 45 Julio-agosto, México.
- Rosemberg, N. (1976). *Tecnología y economía*, Editorial Gili, Barcelona.
- Saleme, M. y R. Estrada (2002). *Innovación, confianza y pequeña empresa*, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México.
- Sampedro, J.L. y A. O. Vera-Cruz (2003). "Aprendizaje y Acumulación de Capacidades Tecnológicas en la Industria Maquiladora de Exportación: el Caso de Thomson-Multimedia de México". *Espacios*, Vol. 24, Núm. 2. Venezuela. pp. 25-49. ISSN: 0798-1015.
- Sampedro, J. L. (2006). "Construcción de Capacidades de Innovación en la Industria de Software a través de la Creación de Interfases: Estudio de Caso de Empresas Mexicanas", en *Economía y Sociedad*, Vol. XI, Núm. 017. Enero-junio. pp. 51-72. México.
- SENER (Secretaria de Energía, 2014a). *Prospectiva de Energías Renovables 2014-2028*, México.
- SENER (Secretaria de Energía, 2012). *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*, México.
- SENER (Secretaria de Energía, 2014b). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2014-2028*, México.
- SENER (Secretaria de Energía, 2013). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027*, México.
- SENER-GTZ (2009). *Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México*, México.
- SEMARNAT (2008). *¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el Mundo*, México. Disponible en <http://www.semarnat.gob.mx>
- Schmookler, J. (1962). "Fuentes económicas de la actividad inventiva", en Rosemberg (ed) *Economía del cambio tecnológico*, Fondo de cultura económica, México.
- SRREN-IPCC, (2011). *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Taylor, S. and R. Bogdan (1992). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Edición Paidós. España.

- Torres, A. (2006). "Aprendizaje y construcción de capacidades tecnológicas" en *Journal of technology management & innovation*, Vol. 1 número 5, Universidad de Talca.
- Torres, A. y J. Jasso (2007). "Compra de empresas extranjeras y acumulación e integración de capacidades tecnológicas en dos grupos corporativos mexicanos", en Casas, R., C. de Fuentes y A. Vera-Cruz (coordinadores), *Acumulación de capacidades tecnológicas aprendizaje y cooperación en la esfera local y global*, Universidad Autónoma Metropolitana, M. A. Porrúa (editor), México.
- UE (Unión Europea) y Sixth Framework Programme, (2009). *La energía eólica en México*, México, disponible en: http://www.tech4cdm.com/uploads/documentos/documentos_La_Energia_Eolica_en_Mexico_fefd89d8.pdf
- Vegara, J (1985). Ensayos económicos sobre innovación tecnológica, Alianza editorial.
- Villavicencio D. y F. Díaz (2007). "Innovación y alianzas tecnológicas: ventajas y riesgos para la empresa química mexicana" en Casas, R., C. de Fuentes y A. Vera-cruz, (2007), *Acumulación de capacidades tecnológicas, aprendizaje y cooperación en la esfera global y local*, UAM, ADIAT y Miguel Ángel Porrúa, México.
- Viale, R. (compilador), (2008). *Las nuevas economías, de la economía evolucionista a la economía cognitiva: más allá de las fallas de la teoría neoclásica*, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, México.
- Williamson, O. E. (1985). *The Economics Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting*. The Free Press. Nueva York.
- Williamson, O. (1990). *Las instituciones económicas del capitalismo*, FCE, México.
- Williamson, O. E. (2000). "The New Institutional Economics: Taking Stock, Looking Ahead", *Journal of Economic Literature*, Vol.38, pp. 595-613.
- Yin, R. K. (1994). *Case Study Research: Design and Methods*, 2nd ed. Applied Social Research Methods, California, Sage Publications.

Anexos

Anexo 1: Formas de cooperación entre organizaciones

Tipo de cooperación	Características	Ejemplo
Asociación	Es una forma de cooperación muy ligada al mercado caracterizado, por lo general, por objetivos y relaciones débiles entre los socios.	Asociación de compras entre minoristas que supone una relación mínima entre los participantes (el objetivo podría ser obtener un mejor precio al comprar una determinada cantidad de producto).
Redes intraempresa	Se basa en unidades autónomas de negocio, se crea dentro de la empresa con el objetivo de mejorar su eficiencia y, por ende, la competitividad global de la misma. Dichas unidades mantienen su dependencia jerárquica con la empresa, estando sometidas a criterios de mercado.	Pueden darse principalmente dos configuraciones: aquellas que mantienen una fuerte y frecuente interrelación a través de la estructura jerárquica (por ejemplo, una empresa matriz con sus filiales). Y aquellas en las que la interrelación se lleva a cabo con más intensidad en los objetivos y no tanto mediante la dependencia jerárquica (por ejemplo, en el caso de un grupo empresarial en el que la gestión, la imagen y su estrategia son comunes).
La subcontratación	Supone la cooperación de dos empresas individuales con un cierto grado de interrelación para ejecutar las tareas en común.	Cuando una empresa industrial subcontrata el servicio de mantenimiento con otra empresa, los objetivos siguen siendo los propios de cada una de ellas, aunque existe una cierta interrelación para llevar a cabo el contrato.
El <i>spin-off</i> o externalización	Consiste en independizar algún departamento de la empresa, aunque mantienen unas relaciones –al menos durante un tiempo–, ya que la parte que se independiza se crea para prestar servicio a la primera.	La creación por parte de una empresa industrial, a partir de la oficina técnica, de una empresa de ingeniería.
La franquicia	Abarca un amplio espectro de posibilidades, aunque siempre tiene en común que las dos empresas que cooperan –franquiciador y franquiciado– mantienen una cierta relación así como una serie de objetivos comunes.	En una franquicia de distribución, los productos a distribuir, la imagen de marca y la política de producto son comunes; aunque también puede haber unos objetivos financieros conjuntos entre dos empresas individuales si una parte del beneficio o de la facturación de la franquiciada sirve para pagar al franquiciador.
La empresa conjunta o <i>joint venture</i>	Supone la creación de una empresa por parte de otras empresas como consecuencia de un acuerdo de cooperación. Ello supone un alto grado de compromiso, derivado de las fuertes inversiones, entre las empresas de origen, lo cual se refleja en los objetivos –que serán comunes– y en el mantenimiento de una relación frecuente y estable.	La creación de una empresa conjunta por parte de dos empresas de países distintos, en la que por lo general la empresa local aporta el conocimiento del mercado y la extranjera, la imagen de marca, conocimiento o tecnología.
El consorcio	Implica crear una estructura común entre varias empresas para desarrollar un producto conjuntamente, siendo por tanto,	La creación de una unión temporal de empresas –muy generalizada en el caso de las licitaciones para ejecutar obras públicas– o bien la creación de un consorcio de

Fuente: Elaboración propia a partir de Fernández y Arranz (1999).

Anexo 2: Evolución histórica de la tecnología eólica

1. Primera Etapa: Los inicios de la tecnología eólica (de la energía cinética a la energía mecánica).

El documento histórico más antiguo que se conoce acerca del aprovechamiento de la energía del viento son unos grabados egipcios que tratan de la navegación a vela del cuarto o quinto milenio antes de Cristo (aC). “Hasta el siglo XIX, con el perfeccionamiento e introducción de las de las máquinas de vapor, la navegación dependió casi exclusivamente de este recurso energético. Ya en el siglo XX, con la invención de los motores de combustión interna, la combustión a vela quedo relegada solo a actividades deportivas y a algunas actividades comerciales en pueblos costeros” (Moragues y Rapallini, 2003: 3).

Pero la primera referencia histórica sobre una posible aplicación de la energía eólica que no fuera la navegación, data del año 1700 a.C., siendo los babilonios los pioneros en utilizar molinos de viento para bombear agua con el fin de regar sus campos.

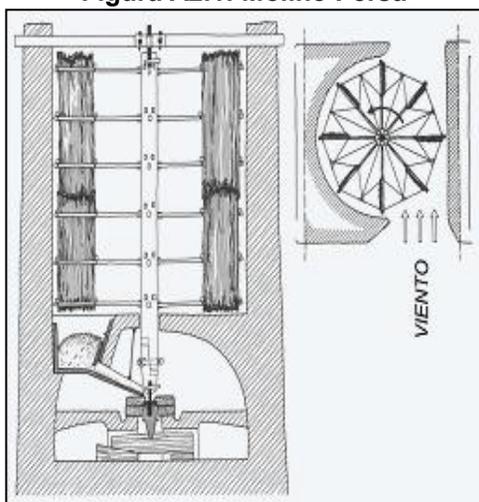
El primer molino de viento de aplicaciones utilitarias que se conoce con cierto detalle es el molino persa⁹⁶ de eje vertical que se utilizó en el siglo VI después de Cristo (dC). Este molino se empleaba para moler grano y llego a convertirse en un aparato de uso común en el Sijistán, zona situada en la antigua Persia en lo que hoy en día es Irán y Afganistán. Se cree que la aparición de este molino tiene alguna relación con la rueda hidráulica aparecida anteriormente y que se encuentra incorporada a estema (www.renov-arte.es/energia-eolica/ consultado en febrero de 2012).

Este es el primer antecedente en la transformación de la energía cinética hacia la energía mecánica. El molino persa (Fig. A2.1) estaba formado por una torre de mampostería provista de una pared frontal que permitía dirigir el viento sobre los álabes. El rotor estaba formado por unos ocho álabes de madera que se unían en el eje central, comunicando el movimiento a los discos situados en la base (*Ibidem*).

Se cree que los molinos de eje horizontal debieron surgir por primera vez en la antigua Persia, probablemente con anterioridad a la época islámica. Su invención debió responder a la necesidad de adaptar las máquinas eólicas de eje vertical al bombeo de agua.

La disposición del rotor, en los sistemas de eje horizontal, es más adecuada para mover una rueda sin tener que variar la dirección de la fuerza motora mediante un engranaje, que sin duda supondría una complicación técnica para la época.

Figura A2.1: Molino Persa

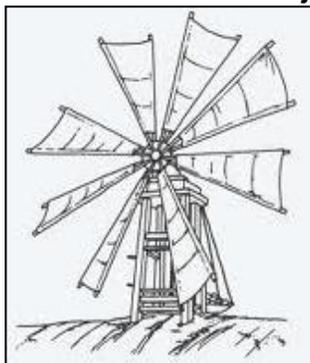


Fuente: <http://www.renov-arte.es>

⁹⁶También llamados panémonas.

En los primeros molinos de eje horizontal (Fig. A2.2), el rotor estaba formado por unas velas que guardaban cierta semejanza con las que se utilizaban en la navegación. El eje sobre el que se unían las seis u ocho álabes, movía una rueda a la que se acoplaba la rueda. El conjunto apoyaba en un trípode de madera que se situaba sobre la boca del pozo.

Figura A2.2: Primeros molinos de eje horizontal



Fuente: Ibidem.

A partir del siglo XI-XII la evolución de los molinos de viento se desarrolla a través de dos vías aparentemente sin ninguna relación entre sí. Por un lado se puede hablar de un tipo de molino que se desarrolla dentro de la civilización islámica, que ocupa todo el mediterráneo meridional (molino mediterráneo), llegando hasta la mitad sur de la Península Ibérica (molino ibérico). Por otro lado, en la zona norte de Francia, Inglaterra y Holanda aparecen unos molinos de viento de diferente construcción (molino europeo). Se cree que la aparición de esos molinos de viento pudo haber llegado a través de los cruzados que volvían de Palestina, o bien, haber surgido de forma independiente (<http://www.educar.org/inventos/elmolino.asp> Consultado en febrero de 2012).

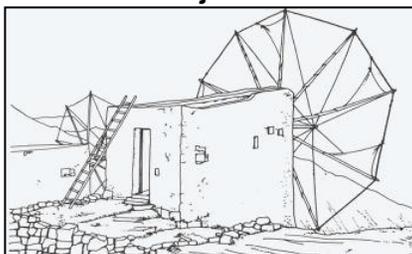
Los Molinos Mediterráneos

El molino mediterráneo se utilizó para bombear agua y para moler grano en toda la extensión del imperio musulmán.

El modelo más sencillo era el que se utilizaba para sacar agua de los pozos. Las aspas de estos molinos se fabricaban atando telas a los palos del rotor, de forma similar a los molinos persas de eje horizontal, de los que sin duda proceden. El rotor, se apoyaba sobre un soporte de madera, desde donde se movía la rueda con recipientes que permitía sacar el agua⁹⁷. La velocidad de giro podía regularse por el procedimiento de soltar o recoger las velas (www.renov-arte.es/energia-eolica/ consultado en febrero de 2012).

Los primeros molinos de grano eran máquinas con un rotor fijo, sin posibilidad de orientarse en la dirección del viento (Fig. A2.3).

Figura A2.3: Molino de eje horizontal mediterráneo



Fuente: Ibidem.

⁹⁷También conocida como noria.

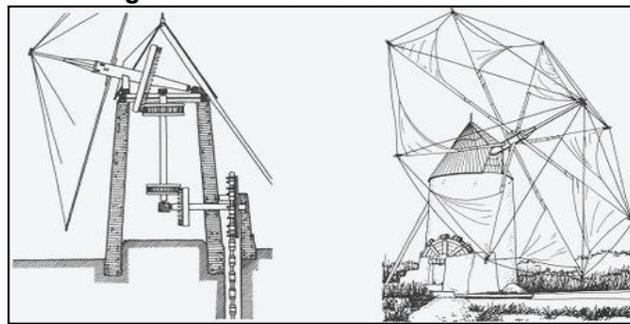
Con el tiempo estos molinos se perfeccionaron hasta convertirse en los molinos de tipo torre. La torre, construida en mampostería, estaba coronada por una cúpula orientable donde se alojaban el eje, los engranajes y demás mecanismos que transmitían el movimiento a los discos situados más abajo. Las operaciones de orientación se realizaban con la ayuda de una palanca.

Los Molinos Ibéricos

En todos los molinos del sur de la Península Ibérica se conservan las características esenciales del molino mediterráneo, en lo que se refiere a su sistema de aspas de vela y a la torre, sin embargo, en cuanto al número y disposición de las velas y a los detalles arquitectónicos de la torre, existen grandes diferencias, no solo con los modelos mediterráneos, sino también entre los modelos ibéricos situados en regiones próximas.

En la baja Andalucía, España, se utilizó un tipo de molino con un rotor de ocho velas, montadas sobre un eje de dos etapas de cuatro velas cada una. De la misma manera en la zona de Murcia y Cartagena, se utilizaron unos molinos (Fig. A2.4) muy similares a los andaluces pero adaptados para bombear agua. El movimiento del eje descendía a lo largo de la torre mediante engranajes y acababa impulsando una noria, que elevaba el agua mediante cangilones⁹⁸ a un estanque donde se almacenaba (www.renov-arte.es/energia-eolica/ consultado en febrero de 2012).

Figura A2.4: Molino Ibérico andaluz



Fuente: *Ibidem*

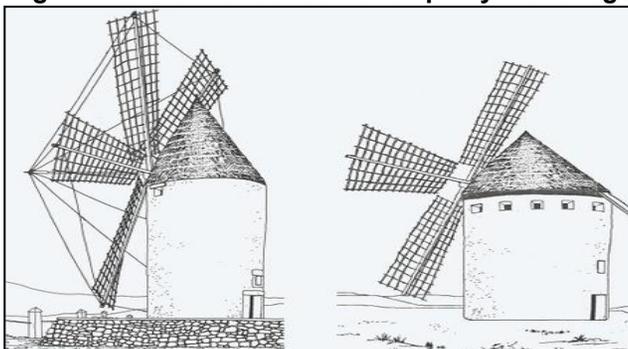
En los reinos cristianos de la Península Ibérica, los molinos de vientos aparecieron con posterioridad a los reinos musulmanes, posiblemente en los siglos XIII y XIV. El molino manchego y el mallorquín constituyeron un nexo de unión entre las dos culturas (*ibidem*).

El típico molino manchego y mallorquín tienen sus raíces en el molino mediterráneo (descrito anteriormente), especialmente en lo que se refiere a la ejecución de la torre pero la forma de construir las álabes se parece más a los molinos del norte de Europa.

El molino mallorquín (Fig. A2.5 izquierdo) generalmente iba situado sobre la casa del molinero. El rotor llevaba seis álabes que se parecían a las de los molinos europeos, es decir, los álabes estaban fabricadas con entramado de madera y recubiertas con tela. Los álabes disponían de unos tirantes que proporcionaban una mayor rigidez al conjunto (<http://libros.redsauce.net/EnergiasAlternativas/eolica/PDFs/08Molinos.pdf> consultado en febrero de 2012).

El molino manchego (Fig. A2.5 derecho) estaba formado, como los molinos andaluces, de una torre de mampostería construida a base de piedra y adobe. La torre del molino manchego era menos esbelta que la del molino mallorquín. Sobre la torre iba situada una techumbre cónica en cuyo interior se alojaban los ejes y engranajes de transmisión. El rotor se componía de cuatro álabes hechos mediante un entramado de madera e iban recubiertas tela (*ibidem*).

⁹⁸Un cangilón es un recipiente destinado al transporte de agua o materiales. Suelen estar fabricados en diversos materiales: cerámica, acero, o plásticos como nylon, polietileno, etc. Son utilizados, por medio de cintas o cadenas, dentro de los elevadores de cangilones o de norias.

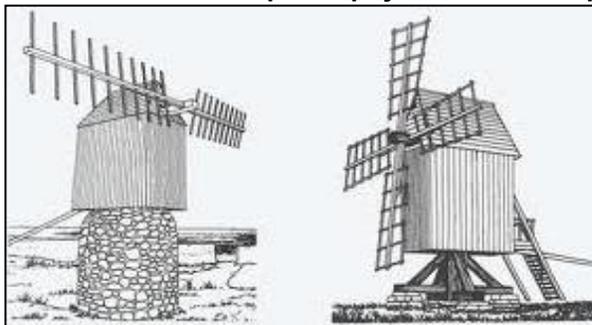
Figura 2.5: Molino Ibérico mallorquín y manchegoFuente: *Ibídem***Los Molinos Europeos**

En Europa, el molino de viento aparece a mediados del siglo XII. El primer molino europeo del que se tiene pruebas documentales fue construido en Francia en 1180, y a partir de esa fecha se extendieron rápidamente por diferentes zonas europeas.

Existen dos hipótesis acerca de la aparición de estos molinos. Por un lado, se cree que podría estar relacionada con las cruzadas y la coincidencia cronológica es el principal argumento en que se apoya esa hipótesis. La primera cruzada tuvo lugar en el año 1095, la segunda en 1147 y la tercera a finales de ese mismo siglo. Por otro lado, también es posible que los molinos de viento surgieran de forma espontánea ya que Europa disponía en aquella época de suficiente conocimientos y capacidades técnicas como para haber desarrollado un molino de viento a partir de mejoras realizadas en molinos hidráulicos (www.renov-arte.es/energia-eolica/ consultado en febrero de 2012).

En un principio, los molinos del norte de Europa solían tener un rotor de cuatro aspas realizadas mediante un entramado de madera que iba recubierto de telas o tablas. Los álabes se unían en el eje principal y transmitían el empuje del viento a los discos a través de un engranaje. El eje principal y los engranajes iban colocados en un recinto que se apoyaba sobre un pivote (Fig. 2.6 izquierda). La orientación de dicho recinto en la dirección del viento se realizaba con la ayuda de una palanca, girando sobre el pivote que generalmente se empotraba en tierra o se hundía dentro de un apilamiento de piedras.

En poco tiempo, el sistema de pivote evolucionó hacia un pedestal (Fig. A2.6 derecho), lo cual proporcionó al molino una mayor estabilidad y le daba una mayor facilidad a la hora de su orientación.

Figura A2.6: Molinos europeos apoyados sobre un pivoteFuente: <http://www.renov-arte.es>

A este tipo de molino de pivote o de pedestal responden la mayoría de los molinos del norte de Europa entre los siglos XIII y XVI.

A pesar de que la utilización de los molinos de viento llegó a generalizarse en toda Europa, durante este periodo, la evolución tecnológica fue muy lenta. Hubo que esperar hasta el siglo XV para que los molinos de pedestal, o los de tipo torre mejoran realmente y pudieran llegar a convertirse en una de las más importantes fuentes de energía.

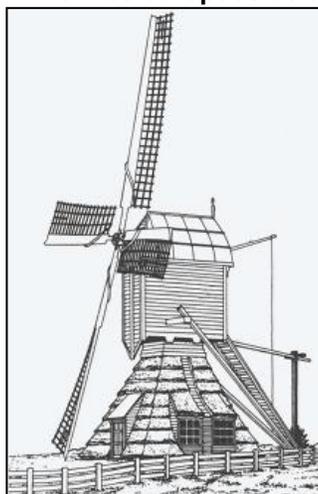
2. Segunda Etapa: Mejoras y aprovechamientos de los molinos.

A partir del siglo XV se comienza a extender por diferentes regiones de Europa dos tipos de molinos estructuralmente bien diferenciados, y que se desarrollan hasta mediados del siglo XIX. Son los molinos de pedestal y los de torre. Los molinos de pedestal habían sustituido a los de pivote consiguiendo una sustancial mejora en el sistema de apoyo, lo que hizo posible la construcción de máquinas de mayor tamaño y por lo tanto de mayor eficiencia.

La creación del poste hueco permitió a los molinos de pedestal continuar su desarrollo paralelamente a los de tipo torre, adaptándose a las necesidades crecientes de la época.

Con el tiempo, el pedestal acabaría recubriéndose para ser utilizado como almacén, o en algunas ocasiones como vivienda del molinero (Fig. A2.7).

Figura A2.7: Molinos europeos de torre hueca



Fuente: *Ibidem*

Los primeros molinos tipo torre europeos aparecen en la zona de Bretaña (Francia) a principio del siglo XV, extendiéndose su uso rápidamente hacia Inglaterra y principalmente hacia Holanda. Las torres se hacían de ladrillo o piedra y eran adaptadas a una sección circular u octogonal.

A partir del siglo XVII el molino de viento ya se emplea a gran escala para el bombeo de agua. El siglo XVIII se convierte en un siglo de innovaciones tecnológicas incrementales para las tecnologías eólicas, es en esta época en que los molinos de viento europeos alcanzan un alto nivel de perfeccionamiento. Aparecen por primera vez los sistemas mecánicos de orientación y regulación, y también se empieza a sustituir las piezas de madera por elementos metálicos que permitieron obtener de los molinos de viento potencialidades cada vez más eficientes.

Durante el siglo XVIII se empezaron a publicar los primeros tratados teóricos sobre molinos de viento, se trataba de estudios en profundidad sobre el comportamiento aerodinámico de los rotores, sobre los sistemas de regulación automática o de orientación. Algunas de las primeras obras que llegaron a convertirse en clásicos de la literatura eólica fueron *Theatrum Machinarum Hydraulicorum*, de Leopold Jacobs, que se publicó en 1724, *Architectura Mechanica of Moole-Boek*, de P. Linperch publicada en 1729 y la *Architecture Hydraulique* de Belidor publicada en 1759 (www.renov-arte.es/energia-eolica/ consultado en febrero de 2012).

La obra más importante del siglo XVIII fue la desarrollada por el inglés Smeaton, con sus trabajos:

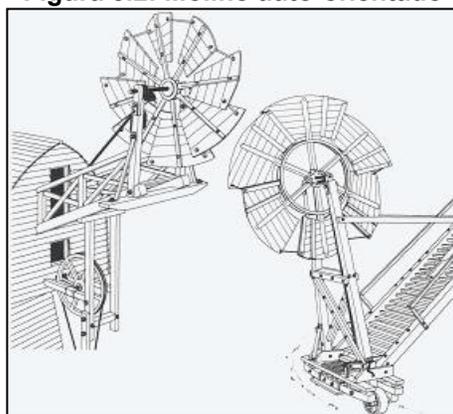
On the construction and effects of the windmill sails y *An experimental enquiry concerning the natural powers of wind and water*. Con sus trabajos Smeaton fue el primero en demostrar que los rotores con un elevado número de álabes no proporcionaban mayor potencia que los que solo disponían de tres o cuatro con iguales características. También fue el primero en utilizar piezas de hierro colado para la construcción de molinos de viento con el fin de darle mayor resistencia y alargar a la vez la vida útil de los equipos (*Ibidem*).

Evolución De Los Sistemas De Orientación

Desde la aparición de los molinos de viento, la orientación del rotor fue el problema más importante que impidió su desarrollo. Desde los sistemas de orientación mediante palanca de los primeros molinos, se han inventado numerosos artilugios, pero la verdadera solución al problema la aportaron las mejoras de diseño que estaban dirigidas a reducir el volumen y el peso de la parte del rotor que había de orientarse y la introducción de rodamientos y piezas deslizantes.

El primer sistema de auto-orientación lo inventó el inglés Edmund Lee en 1745. El mecanismo consistía en un rotor auxiliar, dispuesto perpendicularmente al rotor principal, que iba montado sobre la escalera de acceso al molino y acoplado a unas ruedas apoyadas sobre el suelo (Fig. A2.8). Cuando el molino no estaba debidamente orientado, el viento incidía sobre el rotor auxiliar, y este actuaba sobre las ruedas y movía a la máquina. Este sistema automático de orientación se utilizó, en principio, en Inglaterra durante el siglo XVIII, y en el siglo siguiente se extendió de manera importante por Holanda (www.renov-arte.es/energia-eolica/ consultado en febrero de 2012).

Figura 3.2: Molino auto-orientado



Fuente: *Ibidem*

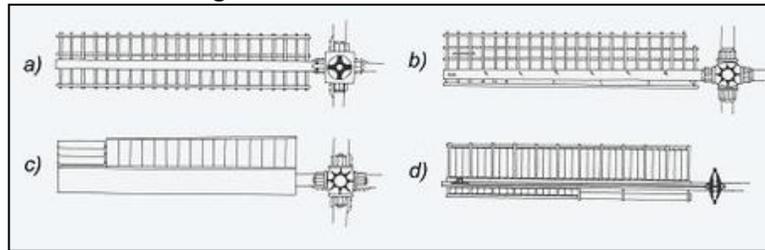
Evolución de los álabes

Los álabes de los molinos anteriores al siglo XVI se construían con un entramado de varillas a ambos lados de un mástil principal, cubriéndose posteriormente con una tela (Fig. A2.9a). Más tarde, el mástil se colocó en el borde de ataque de la pala, de forma que soportara mejor la entrada de aire y le diera cierta torsión a la pala a lo largo de su envergadura, con el fin de mejorar su rendimiento aerodinámico (Fig. A2.9b). Los álabes con torsión se desarrollaron en el siglo XVII y la incorporación de los sistemas de regulación aerodinámica en el XVIII.

La pala con freno aerodinámico incorporado fue inventada por Andrew Meikle en 1772. Estas álabes llevaban un solapa (hoja plegadiza) en el extremo que actuaba mediante un resorte cuando el viento era demasiado fuerte (Fig. A2.9c).

En 1807, Sir Eilliam Cubitt incorporó unas masas de acción centrífuga en el extremo del mecanismo y consiguió así, por primera vez, un sistema de regulación automática (Fig. A2.9d).

Figura A2.9: evolución de álabes

Fuente: *Ibidem*

Molinos De Eje Vertical

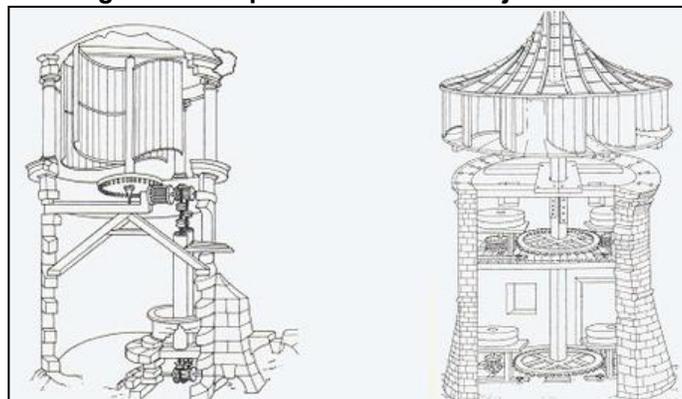
A pesar de los avances técnicos conseguidos para los molinos de pedestal y los de tipo torre, la orientación de estas máquinas, que cada vez eran de mayor tamaño, constituía un problema de difícil solución. Tal vez por esta razón los sistemas de eje vertical nunca llegaron a desaparecer, a pesar de ser, por su aerodinámica, menos eficaces que los de eje horizontal.

Según Moragues y Rapallini (2003), la característica principal de los molinos de eje vertical es que no requieren de sistemas de orientación. Ventaja nada despreciable pues evita complejos mecanismos de direccionamiento y elimina los esfuerzos a que se ven sometidos los álabes ante los cambios de orientación del rotor. Además, por su disposición permite colocar los sistemas de conversión prácticamente a nivel de suelo, evitando pesadas cargas en las torres, como ocurre en los de eje horizontal.

Las mayores aportaciones en lo que se refiere a los molinos de eje vertical se deben al francés Jacques Bressons y al obispo polonés Verancio. Bressons, en su obra *Théâtre des instruments mathématiques et mécaniques* publicada en 1578, desarrolló un sistema de rotor de eje vertical (Fig. A2.10 izquierdo) que posiblemente fue el antecesor del que desarrollaría el ingeniero finlandés Sigurd Savonius en 1924 y el francés G.J.M. Darrieus (www.renov-arte.es/energia-eolica/ consultado en febrero de 2012).

El obispo Verancio, publicó en 1616 una obra titulada *Machinae Novae*; en ella recogía gran parte de los conocimientos de su época sobre las máquinas eólicas y describía algunas turbinas desarrolladas por él (Fig. A2.10 derecho).

Figura A2.10: primero molino de eje vertical

Fuente: *Ibidem*

Este tipo de turbinas se le siguen realizando innovaciones incrementales para potencializar su eficiencia pero no han sido tan difundidas como las turbinas de eje horizontal, esto principalmente por su eficiencia.

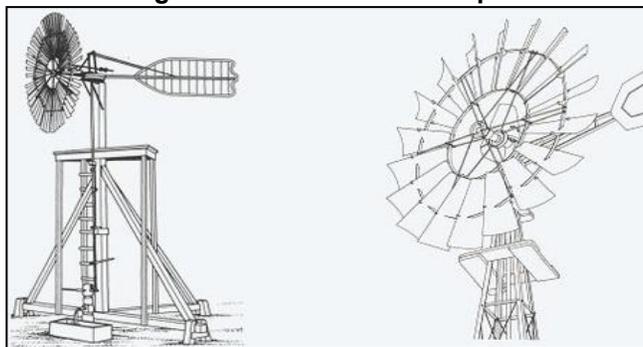
3. Tercera etapa: Una nueva concepción de los molinos (de la energía mecánica a la energía eléctrica).

En la segunda mitad del siglo XIX empieza a aparecer una nueva generación de turbinas eólicas, con una diferente concepción de diseño. Son máquinas sencillas y su ámbito de aplicación se reduce a zonas rurales más o menos aisladas, donde las ventajas de la industrialización no se han hecho notar y en general se utilizan para bombear agua de los pozos (www.renov-arte.es/energia-eolica/ consultado en febrero de 2012).

Las primeras bombas eólicas que mayor cercanía tienen a las actuales turbinas eólicas, aparecieron en Estados Unidos en 1854, y fueron desarrolladas por Daniel Halladay. Se trataba de rotores de múltiples álabes (multipala) acoplados a una bomba de pistón (Fig. A2.10 izquierdo).

En 1884, Steward Perry fabricó otro modelo con álabes metálicos. Ese molino, conocido como "multipala americano", era un molino mucho más ligero que sus antecesores y llegó a convertirse en el molino de viento más extendido de cuantos hayan existido. Tenía un rotor de 3 metros de diámetro, un número de álabes que oscilaba entre 18 y 24 e iba montado sobre un eje horizontal en la parte superior de una torre metálica, como las utilizadas por la industria eléctrica para transportar energía (Fig. A2.10 derecho).

Figura A2.10: Rotores multipala



Fuente: *Ibidem*.

Poco después de estos desarrollos tecnológicos, en 1890, el Gobierno danés inició un programa de desarrollo eólico dirigido a la producción de electricidad, y se responsabilizó al profesor La Cour con la dirección de los trabajos. La máquina de Poul La Cour (el Edison danés), puesta en marcha en 1892, fue la primera concebida, diseñada y construida para generar electricidad. La máquina tenía cuatro álabes de 25 metros de diámetro y era capaz de desarrollar entre 5 y 25 KW. Los trabajos de Lacour constituyeron los primeros pasos en el campo de los aerogeneradores modernos, pero la teoría aerodinámica estaba todavía insuficientemente desarrollada y sus máquinas eólicas, a pesar de ser las más avanzadas de la época, seguían siendo rotores clásicos de bajo rendimiento (<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia32/HTML/articulo03htm> consultado en marzo de 2012). Sin embargo se reconoce el hecho paradigmático de lo que significó pasar de la utilización de la energía cinética para fines únicamente mecánicos, a la transformación de esta para la generación de la energía eléctrica.

En esa misma época, E. L. Burne en Inglaterra y K. Bilau en Alemania, desarrollaron el sistema de regulación de paso variable, permitiendo así un mejor control de la potencia de las turbinas.

Primeros desarrollos científicos

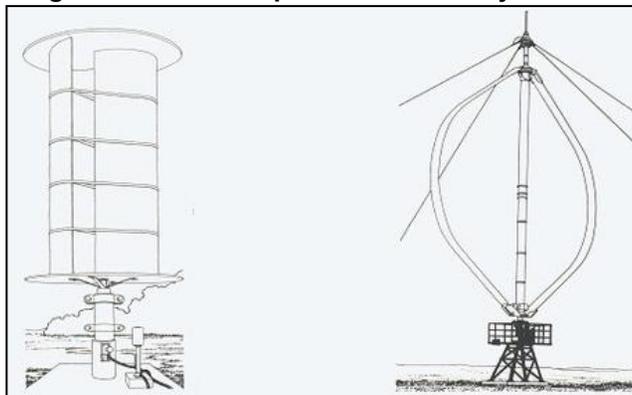
Hasta las primeras décadas del siglo XX no se tuvieron los conocimientos suficientes para aplicar a los rotores eólicos los perfiles aerodinámicos que se había desarrollado para la fabricación de las alas y las hélices de los aviones.

En 1924, el finlandés Sigurd Savonius inventó un rotor de eje vertical capaz de trabajar con velocidades de viento muy bajas. El rotor Savonius está formado por dos semicilindros dispuestos alrededor de un eje vertical (Fig. A2.11 izquierdo). La sencillez de su diseño hacen que esa turbina

requiera poco mantenimiento y la convierte en un sistema adecuado para el bombeo de agua de riego en regiones poco industrializadas.

En 1927, Prandtl y Betz de Alemania, demostraron analíticamente que el rendimiento de los rotores aumentaba con la velocidad de rotación y que, en cualquier caso, ningún sistema eólico podía superar el 60 por ciento de la energía contenida en el viento. Ese mismo año, el holandés A. J. Dekker construyó el primer rotor provisto de álabes con sección aerodinámica. Hasta ese momento, las velocidades en punta de pala que se habían conseguido con los molinos multipala eran dos veces la del viento incidente, mientras que Dekker consiguió con sus perfiles, velocidades en punta de pala cuatro o cinco veces superiores a la velocidad del viento incidente.(www.renov-arte.es/energia-eolica/ consultado en febrero de 2012).

Figura A2.11: Principales rotores de eje vertical



Fuente: *Ibidem*.

Por esta misma época, en Francia, Darrieus desarrolló una turbina de eje vertical. Esta turbina tiene un rotor provisto de unos álabes con curvatura, fabricadas mediante la yuxtaposición de dos alas (Fig. A2.11 derecho). Este tipo de turbina se ha convertido en una de las opciones de interés dentro del campo de los modernos aerogeneradores (www.renov-arte.es/energia-eolica/ consultado en febrero de 2012). Aunque a la fecha esta tecnología sigue siendo poco difundida, esto porque su potencia sigue siendo considerablemente menor a las turbinas de eje horizontal.

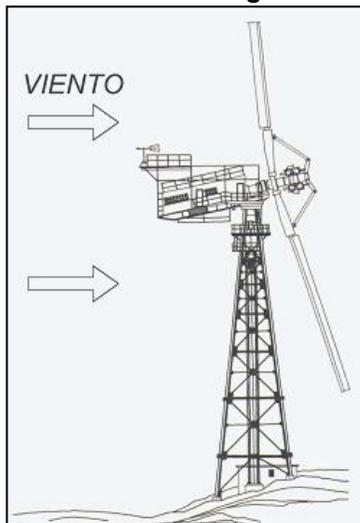
En este sentido Moragues y Rapallini (2003) señalan que en la actualidad predominan estos dos diseños básicos de rotores de eje vertical: Savonius y Darrieus. El rotor Savonius trabaja esencialmente por arrastre, tiene un alto par de arranque pero su eficiencia es pobre. Por su sencillez y bajo costo es fácil de construir con técnicas artesanales. Se les emplea principalmente en aplicaciones que requieren potencias pequeñas como es el caso de los extractores de aire en grandes edificios industriales o depósitos y en bombeo de agua.

Los rotores Darrieus, son actualmente los principales competidores de los de eje horizontal de álabes aerodinámicos para la generación de electricidad. Las fuerzas dominantes son las de sustentación, tienen un par de arranque prácticamente nulo, pero entregan potencias altas por unidad de peso del rotor y por unidad de costo. El diseño original de álabes curvados ha dado origen a otras configuraciones, tratando de mejorar algunas características constructivas u operacionales. Tal es el caso de la combinación con rotores Savonius para aumentar el par de arranque (Moragues y Rapallini, 2003).

Se han concebido y ensayado otros tipos de máquinas eólicas de eje vertical. Tal es el caso de las torres vorticosas en las que se induce una circulación de aire, por el interior de una torre hueca, que succiona aire exterior haciéndolo pasar a través de una turbina ubicada en la base. Un esquema similar siguen las torres en donde el flujo de aire es inducido por calentamiento con energía solar. Estas variantes no han pasado del nivel de prototipo.

Es de destacar también el primer aerogenerador de potencia superior a un megavatio, el Smith-Putnam construido en Estados Unidos de Norteamérica en 1941 (Fig. A2.12). Este aerogenerador tenía un rotor de dos álabes fabricadas en acero inoxidable, dispuestas hacia atrás y con cierta conicidad. Los álabes tenían la particularidad de poder variar su conicidad para regular la toma de aire. Las oscilaciones producidas en los álabes al variar casi continuamente de conicidad provocaron que en 1945 una de los álabes se rompiera por fatiga (www.renov-arte.es/energia-eolica/ consultado en febrero de 2012).

Figura A2.12: Inicios del aerogenerador moderno



Fuente: *Ibidem*

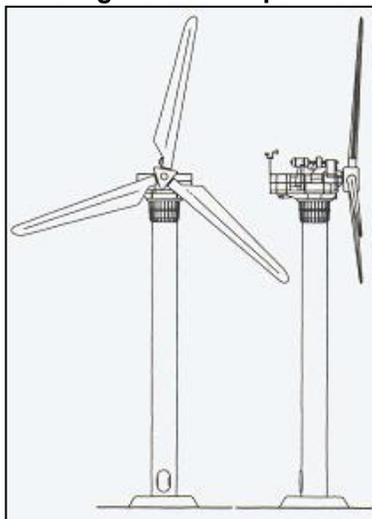
Al final de la II Guerra Mundial, se inicia un largo periodo en el que el petróleo tiene un precio bajo, llegando esta tendencia hasta 1973, consecuencia de la cual el interés de los países en el desarrollo de la tecnología eólica desaparece completamente. Hay que citar una excepción que supuso los cimientos de la actual tecnología. En 1952 en Dinamarca, y dentro de un programa de desarrollo eólico, se comenzó a elaborar el mapa eólico danés y en 1957 se instaló en Gedser un aerogenerador de 200 KW, con hélice tripala de 24m de diámetro. Como consecuencia de este programa, en la actualidad Dinamarca es el líder mundial en la tecnología eólica, y sus desarrollos han servido como modelos, para los actuales diseños en construcción en distintos países (www.renov-arte.es/energia-eolica/ consultado en febrero de 2012).

4. Cuarta Etapa: El inicio de los desarrollos tecnológicos modernos.

Después de la crisis energética de 1973 en la que hubo un fuerte incremento del precio del petróleo, algunos países realizaron planes de investigación y desarrollo (I+D) como es el caso de Estados Unidos de Norteamérica cuyo primer resultado importante fue la instalación en 1975 del aerogenerador MOD-0, un aerogenerador bipala, de 38 metros de diámetro con álabes de metal y 100 KW de potencia. A continuación se realizaron una serie de nuevos aerogeneradores que concluyó con la instalación del aerogenerador de 3,2 MW y 100 m de diámetro MOD-5B, construido por la compañía Boeing e instalado en Haway en 1987.

En España, en 1979 el Ministerio de Industria y Energía, a través del Centro de Estudios de la Energía, puso en marcha un programa de investigación y desarrollo para el aprovechamiento de la energía eólica y su conversión en electricidad.

El primer paso fue el diseño y la fabricación de una máquina experimental de 100 KW (Fig. A2.13), para luego proyectar grandes aerogeneradores con potencias del orden del Megavatio (MW). La máquina, formada por una aeroturbina de tres álabes de fibra de vidrio y poliéster de 20 m de diámetro, conseguía una potencia de 100 KW, con una velocidad de viento de 12 metros por segundo (m/s). Para su emplazamiento se escogió la región de Tarifa por ser la que presentaba un mayor número de horas de viento al año.

Figura A2.13: Aerogenerador experimental de 100Kw

Fuente: *Ibidem*.

Si bien la crisis internacional del petróleo de 1973, impulsó el renacimiento del desarrollo de aerogeneradores y para la década de 1980 comenzó su aplicación comercial de manera incipiente. Es a partir de esas fechas, que la I+D tecnológico en el tema de la generación eoloeléctrica mantiene un paso sostenido que ha sido la base de la progresiva implantación y diseminación de esta interesante tecnología que, al igual que el viento, puede perdurar a través de los siglos en armonía con la preservación del medio ambiente.

Hoy día en el ámbito internacional, el motivo principal para aplicar la tecnología eoloeléctrica en escala significativa ha sido mitigar la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), en respuesta a la preocupación mundial por el Cambio Climático Global. Además, se ha hecho evidente que la aplicación de la tecnología eoloeléctrica trae una serie de beneficios adicionales comprobados, entre los que se encuentran: incrementar la seguridad de abasto de energéticos (aprovechando un recurso energético propio e inagotable), ahorrar combustibles fósiles, atraer la inversión privada con la participación de pequeñas y medianas empresas, impulsar el desarrollo en las regiones favorecidas con recurso eólico y, sobretudo, crear nuevos empleos directos e indirectos.

Intensificación en el desarrollo tecnológico eoloeléctrico

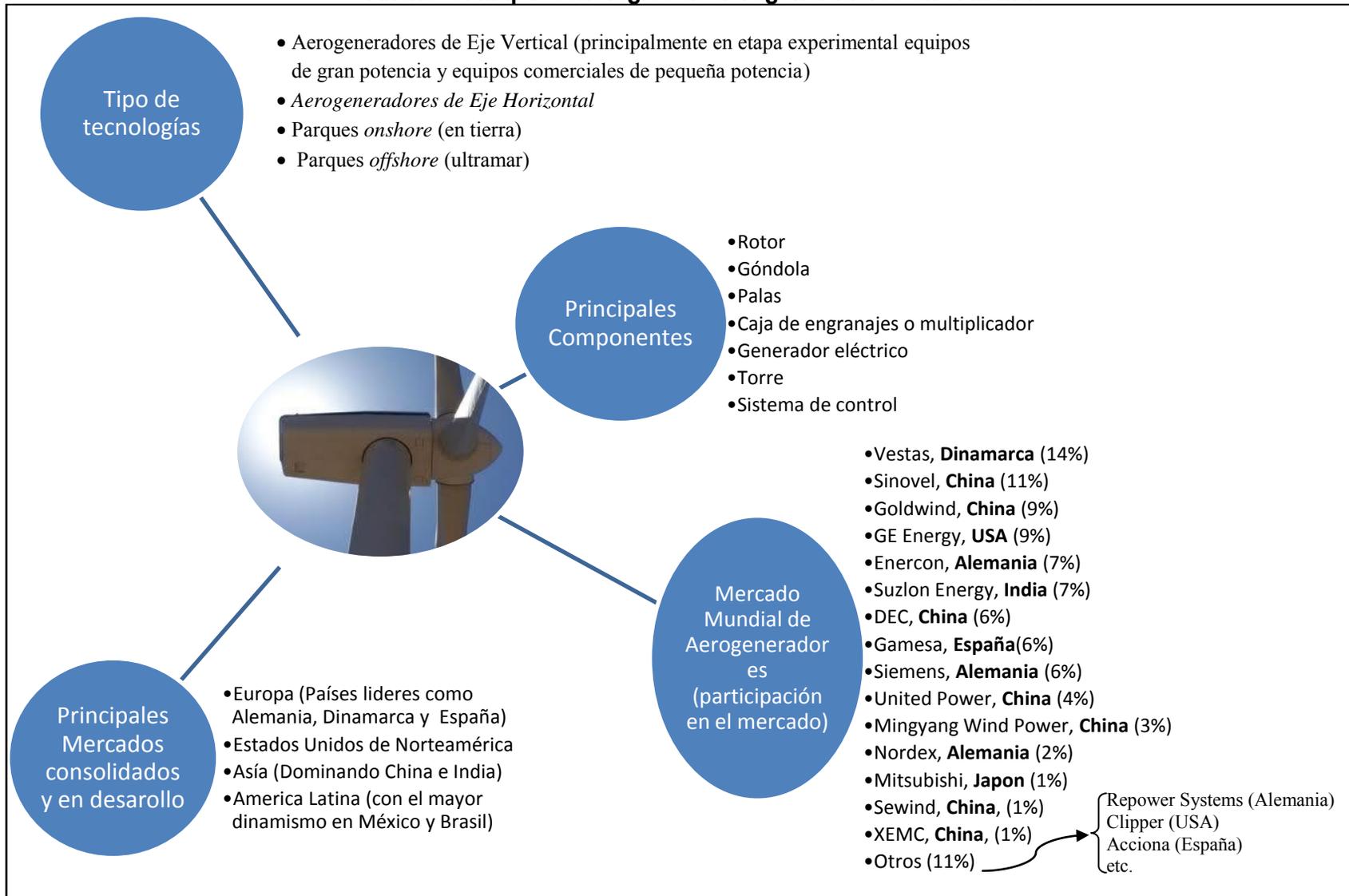
Según Borja y Gózales (2000), la intensificación en la investigación y desarrollo tecnológico de aerogeneradores fue ocasionada por la actividad comercial que se dio en Estados Unidos de Norteamérica durante la década de 1980. Principalmente, porque en el Estado de California se establecieron incentivos favorables para la generación eoloeléctrica, lo que propició la instalación de un complejo eoloeléctrico que en 8 años (1983-1990) alcanzó una capacidad cercana a 1,500 MW. Para mediados de la década de 1980, en California ya se había instalado gran cantidad de los entonces disponibles 37 modelos de aerogeneradores. Así, el complejo eoloeléctrico de California se convirtió en un gran centro de pruebas.

Lo anterior, fue un comienzo comercial temprano ya que para esas fechas la tecnología aún se encontraba en una etapa inicial de desarrollo. Por ello, en la fase operacional surgieron muchos problemas técnicos, los cuales en la actualidad la mayor parte han sido superados.

En tanto, “la Unión Europea esperó cautelosamente a que la tecnología alcanzara un grado mayor de desarrollo para iniciar su implantación y es hasta 1990 cuando se empieza a propagar la tecnología eoloeléctrica en varios países europeos” (Borja y Gózales, 2000: 179). A partir de esas fechas, Europa mantiene un crecimiento sostenido que sigue al progreso técnico y económico de la tecnología, así como a la consolidación de diferentes políticas públicas para promover y apoyar el desarrollo sustentable y la explotación/exploración de energías alternas.

El desarrollo de la tecnología eolieléctrica en los países líderes se ha apoyado de manera importante, principalmente después de la década de 1990, mediante diversos programas gubernamentales de investigación, desarrollo tecnológico y demostración (I, D+D). En mayor o menor medida, en cada uno de estos países se crearon instituciones, laboratorios, centros de prueba y grupos de trabajo que han sido, y seguirán siendo, la fuente de los elementos de mejora e innovación tecnológica, así como de recursos humanos especializados que han sustentado técnicamente los procesos de implantación y diseminación de la tecnología, siempre en estrecha vinculación con la industria privada y con las instituciones del sector público.

Anexo 3: Mapa tecnológico de aerogeneradores en el Mundo



Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes y de Lewis (2013).

Anexo 4: Instrumento de aplicación de la metodología

Las fuentes de información y recolección de datos para la caracterización y análisis de las capacidades tecnológicas se fundamentó en entrevistas abiertas-cerradas y focalizadas; encuentros casuales con los agentes clave, conversaciones informales y asistencia a reuniones y eventos de interés (como congresos y simposios donde se aborde la temática eólica desde los industriales); documentación; y observación directa.

La metodología se aplica a las personas en cargos estratégicos de la organización (a decir: empresas, centros de I+D, Universidades, etc.) y con responsabilidades predefinidas según su participación en la organización de cara a las diferentes actividades que permiten la construcción de capacidades tecnológicas y procesos de aprendizaje tecnológico.

La entrevista está enfocada en conocer qué actividades realizan las organizaciones en la construcción de capacidades tecnológicas de innovación o las prácticas de innovación en base a sus funciones en el sector eólico en México. Para lo cual se elaboró un guion de entrevista, el cual no se limita a estas preguntas ya que se buscó tener un dialogo más a profundidad, dicho guion se presenta a continuación:

GUIÓN DE ENTREVISTA

Fecha	
Persona entrevistada (as):	
Cargo (os):	

Tipo de Organización y Principales Actividades			
Empresa	Universidad	Centro de I+D	Otro (cual)

- ¿Qué actividades realizan para el sector eólico en México?

- Año de creación y/o operación de sus actividades en el área eólica

Internacional	Nacional

- Historia y descripción de la Organización (Fundadores, eventos clave, etapas, etc.)

--

4. ¿Cuántas personas laboran y realizan alguna actividad para área (departamento) eólica)?

Actividades	No. De personas
Administración	
Mantenimiento	
Producción	
Investigación	
Docencia	

5. ¿Cuál es el nivel de formación del personal? (No. de personas)

Nivel de capacitación/formación				
Sin capacitación	Técnico	Licenciatura	Maestría	Doctorado

6. ¿Qué actividades realizan en área eólica? (marque las necesarias)

Actividades centrales en la acumulación de capacidades tecnológicas

<i>Función Técnica de Inversión</i>	
<i>Básicas</i>	
• Estudios de factibilidad	
• Selección de tecnología	
• Obtención de equipo estándar (equipos y componentes)	
• Realización de ingeniería básica	
• Procesos básicos de diseños y I+D relacionada	
<i>Intermedias</i>	
• Administración de proyectos eólicos	
• Ingeniería de detalle	
• Seguimientos de proyectos	
• Estudios de valoración ambiental	
• Capacitación y reclutamiento de recursos humanos (RH)	
<i>Avanzadas</i>	

• Desarrollo de nuevos productos y componentes	
• Procesos básicos de diseños y I+D relacionada	
Otras (cuales)	

<i>Función Técnica de Producción</i>	
<i>Básicas</i>	
• Mejora de diseños y mantenimiento	
• Adaptaciones menores (en componentes y equipos)	
• Reparación y adaptaciones técnicas a las condiciones físicas locales	
<i>Intermedias</i>	
• Cambios organizacionales	
• Ingeniería de reversa	
• Diseño de nuevos productos y equipos	
• Mejoras incrementales en procesos y/o productos	
<i>Avanzadas</i>	
• Innovaciones en los procesos	
• Innovaciones organizacionales (cambios radicales)	
• Innovaciones incrementales o radicales en productos (componentes y equipos)	
• Actividades de I+D en Productos/Procesos	
• Formación de RH	
<i>Otras (cuales)</i>	

<i>Función Técnica de Soporte (Vinculación)</i>	
<i>Básicas</i>	
• Acuerdos de colaboración con proveedores (la matriz) y clientes	
• Adaptaciones simples a la tecnología	
• Proyectos conjunto con otras organizaciones para la formación de RH	
• Mantenimiento y reparación de equipo sin apoyo de proveedores	
<i>Intermedias</i>	
• Vinculación tec. Para mayor eficiencia en el abastecimiento local	
• Maquila de equipos en territorio nacional	
• Establecimiento de grupos de trabajo entre socios institucionales	
• Compra de componentes y equipos en territorio nacional	
• Innovaciones incrementales a partir de ingeniería de reversa	
<i>Avanzadas</i>	
• Colaboración en desarrollo tecnológico con otras organizaciones	

<ul style="list-style-type: none"> • Procesos y acuerdos de vinculación (universidad-empresa-gobierno) 	
<ul style="list-style-type: none"> • Procesos de colaboración de I+D para diseño y fabricación de nuevos componentes, equipos y servicios 	
Otras (cuales)	

7. En caso de existir procesos de vinculación ¿Qué tipo de vinculación se han realizado? (Univ.-Emp.- centro de I+D), (Emp-Emp.), etc.

8. ¿Cuáles son los objetivos y en su caso los resultados de los procesos de vinculación y/o colaboración con otras organizaciones?

9. ¿Cuál considera que ha sido el impacto al medio ambiente por su actividad? (reducción de emisiones)

10. ¿Qué porcentaje de sus beneficios (ingresos) invierten en actividades de I+D para nuevos componentes y equipos del sector eólico?

11. ¿Qué necesidades consideran que han cubierto en el sector eólico en México?

12. ¿Qué impactos en han tenido en sector?

13. ¿Qué perspectivas tienen para el futuro (planes y proyectos) para seguir impulsando al sector eólico?

14. ¿Qué limitaciones tienen para alcanzar sus objetivos?

Anexo 5: Principales empresas relacionadas con la industria eólica en España al 2013

Empresa	Producto y/o servicio	Ubicación
3M ESPAÑA S.A.	Generadores y componentes eléctricos	Madrid
ACCIONA BLADES	Pala	Navarra
ACCIONA WIND POWER	Álabes, embalajes de aerogeneradores	Toledo, Navarra y Castellón
AEROBLADE	Álabes	Álava
ALSTOM POWER SERVICE, S.A.	Generadores y componentes eléctricos	Madrid
ALSTOM WIND	Fabricación de torres, ensamble de aerogeneradores y sistemas de control	Zamora, La Coruña y Navarra
AREVA T&D IBÉRICA, S.A	Generadores y componentes eléctricos	Madrid
ASEA BROWN BOVERI, S.A.	Generadores y componentes eléctricos	Madrid
AVANTI WIND SYSTEMS, S.L.	Torres y componentes mecánicos	Zaragoza
C.C. JENSEN IBÉRICA, S.L.	Torres y componentes mecánicos	Barcelona
COASA	Álabes	Ourense
COIPER	Torres y componentes mecánicos	León
COMPAÑÍA EÓLICA TIERRAS ALTAS S.A.	Mantenimiento integral de parques eólicos	Soria
CORUÑESA DE COMPOSITES	Ensamblaje de aerogeneradores	La Coruña
DANIGAL	Álabes	La Coruña
DANOBTGROUP S. COOP.	Maquinaria	Guipúzcoa
DIMECO	Torres y componentes mecánicos	Madrid
ELEVADORES GOIAN	Torres y componentes mecánicos	Guipúzcoa
EMESA	Torres y componentes mecánicos	La Coruña
ENERGEA	Generadores y componentes eléctricos	Lugo, Pontevedra y La Coruña
ENFLO WINTEC IBÉRICA	Ensamblaje de aerogeneradores	Navarra
EOZEN	Ensamblaje de aerogeneradores Álabes	Granada
FIBERBLADE NORTE II	Torres y componentes mecánicos	La Coruña
FLUITECNIK	Torres y componentes mecánicos	Navarra
GALOL, S.A.	Recubrimiento de piezas	Valencia
GAMESA	Torres y componentes mecánicos, Ensamblaje de aerogeneradores, Generadores y componentes eléctricos, Álabes, Multiplicadoras	Jaén, Zaragoza, Asturias, Cantabria, Albacete, Cuenca, Soria, Valladolid, Burgos, La Coruña, Madrid, Navarra, Guipúzcoa, Vizcaya y Valencia
GANOMAGOGA	Torres y componentes mecánicos	Pontevedra
GE WIND ENERGY S.L.	Ensamblaje de aerogeneradores	Toledo
GLUAL HIDRAULICA	Componentes Oleohidráulicos	Guipúzcoa
GRUPO EYMOSA-VENTOGAL	Ensamblaje de aerogeneradores	La Coruña
HORTA COSLADA	Torres y componentes mecánicos	Soria
IM FUTURE, S.L.	Álabes	La Coruña
INDAR ELECTRIC, S.L.	Generadores y componentes eléctricos	Guipúzcoa
INDRA	Servicios Logísticos	Cádiz, León, La Coruña y Madrid

INGETEAM PANELES, S.A.	Generadores y componentes eléctricos	Navarra
INGETEAM SERVICE, S.A	Operación y Mantenimiento de parques eólicos	Albacete y Lugo
INNEO TORRES	Torres y componentes mecánicos	Toledo
INTORD, S.A.	Torres y componentes mecánicos	Madrid
KINTECH INGENIERIA, S.L.	Generadores y componentes eléctricos	Zaragoza
LASO ABNORMAL LOADS S.A.	Transporte material eólico	Badajoz
LM GLASFIBER EÓLICA, S.A.	Álabes	Castellón
LM GLASFIBER ESPAÑOLA, S.A.	Álabes	León
MAECO EÓLICA	Mantenimiento, Correctivos, retrofit, repuestos	Ávila, Soria, Lugo y La Rioja
MANUFACTURAS ELÉCTRICAS S.A.U.	Generadores y componentes eléctricos	Vizcaya
MATZ-ERREKA S.COOP.	Torres y componentes mecánicos	Guipúzcoa
MECHANICAL LINKAGE SOLUTIONS S.L.	Sistemas de control	Valladolid
MONTAJES DEL ATLÁNTICO	Torres y componentes mecánicos	La Coruña
M-TORRES	Ensamblaje de aerogeneradores	Soria
NAVANTIA	Ensamblaje de aerogeneradores	La Coruña
RONAUTICA RENOVABLES	Álabes	Pontevedra
SANTOS MAQUINARIA ELÉCTRICA, S.L.	Generadores y componentes eléctricos	Madrid
SSB	Operación y Mantenimiento	Madrid y Murcia
TECNOARANDA	Torres y componentes mecánicos	Burgos
TRÁCTEL IBÉRICA S.A.	Torres y componentes mecánicos	Huesca y Barcelona
VESTAS BLADES SPAIN, S.L.U.	Álabes	Ciudad Real
VESTAS CONTROL SYSTEMS SPAIN, S.L.	Generadores y componentes eléctricos	Soria
VESTAS NACELLES SPAIN, S.A.U.	Ensamblaje de aerogeneradores	León y Lugo
VOITH TURBO, S.A.	Torres y componentes mecánicos	Madrid
ZF SERVICES ESPAÑA, S.A.U.	Multiplicadoras	Madrid

Fuente: Elaboración propia a partir de Espejo y García, (2012) y Asociación Empresarial Eólica (<http://www.aeeolica.org/>, fecha de consulta: septiembre de 2014).