



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO PARA PROYECTOS DE AHORRO DE ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA (SISTEMAS FOTOVOLTAICOS) CONECTADOS A LA RED, APLICADOS AL SECTOR INDUSTRIAL (INDUSTRIA QUÍMICA)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A:

LUIS EDUARDO MANCILLA VILLANUEVA

ASESOR : M. en I. FRANCISCO MARTIN MENDOZA
MENDEZ

Febrero 2017, CDMX





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES "ZARAGOZA"

DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR
PRESENTE.

Comunico a usted que al alumno(a) **Mancilla Villanueva Luis Eduardo**, con número de cuenta **41104346-9** de la carrera **Ingeniería Química**, se le ha fijado el día **24** del mes de **Febrero** de **2017** a las **11:00 horas** para presentar su examen profesional, que tendrá lugar en la sala de exámenes profesionales del Campus II de esta Facultad, con el siguiente jurado:

PRESIDENTE	I.Q. EDUARDO VÁZQUEZ ZAMORA
VOCAL	M. EN I. FRANCISCO MARTÍN MENDOZA MÉNDEZ
SECRETARIO	DR. RAFAEL SÁNCHEZ DIRZO
SUPLENTE	M. EN I. CUAUHTÉMOC LAGOS CHÁVEZ
SUPLENTE	M. EN I. CRESENCIANO ECHAVARRIETA ALBITER

El título de la tesis que se presenta es: "Alternativas de financiamiento para proyectos de ahorro de energía y eficiencia energética (Sistemas Fotovoltaicos) conectados a la red, aplicados al sector industrial (Industria Química)".

Opción de Titulación: Convencional

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
México, D. F. a 10 de Febrero de 2017.

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NUÑEZ
DIRECTOR

RECIBI:
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES
Y DE GRADO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES
"ZARAGOZA"
DIRECCIÓN



Dominga Ortiz Bautista
I.Q. DOMINGA ORTIZ BAUTISTA
JEFA DE LA CARRERA DE I.Q.

La felicidad no llega cuando conseguimos lo que deseamos, llega cuando sabemos disfrutar de lo que tenemos, dejando de soñar con el mañana y viendo el hoy.

Atesora cada momento de la vida y a las personas que estén contigo ya que nadie es eterno, el tiempo pasa y este no espera por nadie.

Vida hay poca, tiempo hay mucho.

Ama como si nunca te hubiesen herido.

Vive al máximo la vida, que no hay mejor momento para la felicidad que este...El Presente.

Y recuerda: ¡¡¡Que Nada Importe!!!



F E S
ZARAGOZA

DEDICATORIA

A mis Padres, por todo ese sacrificio, esfuerzo y cariño brindado a lo largo del tiempo y que por ellos he alcanzado este ansiado objetivo.



AGRADECIMIENTOS

Mis más profundos agradecimientos para:

Mis padres, que por ellos estoy en el lugar en el que estoy e inculcarme esos valores para que yo sea una persona de bien. Por todo ese cariño brindado en todo lo que llevo de vida y no dejar que me rinda a pesar de todos las circunstancias que han pasado. Estaré siempre agradecido por todo.

A la UNAM que me permitió ser parte de ella, no se puede estar más orgulloso que pertenecer a la máxima casa de estudios del País.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, que me ha permitido formarme como profesional

A los profesores de la facultad que han compartido sus conocimientos para prepararme en el ámbito laboral.

A mi asesor de Tesis, M. en I. Francisco Martín Mendoza Méndez por su atención brindada en la elaboración de este trabajo, así como compartir su experiencia conmigo.

A mis amigos y compañeros que tuve el gusto de conocer y tener en los años que dure cursando la carrera, por esos momentos inolvidables que se vivieron dentro y fuera de la facultad

A Miguel Ángel Lugo Gutiérrez (Q.E.P.D.) de quien aprendí que se debe ser quien uno es, a disfrutar cada momento de la vida y que se puede llegar a querer de manera sincera.

Mis más sinceros agradecimientos para todos aquellos quienes han formado parte de mi vida, sin ellos yo no tendrían bases para ser lo que soy hasta este momento.

DE ANTEMANO GRACIAS POR TODO Y ETERNAMENTE
AGRADECIDO

MANCILLA VILLANUEVA LUIS EDUARDO

ÍNDICE

Contenido

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS	II
CONTENIDO.....	III
LISTADO DE FIGURAS	VIII
TABLA DE ABREVIATURAS	XI
RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XIII
OBJETIVOS.....	XVI
JUSTIFICACIÓN	XVII
CAPÍTULO 1: ENERGÍA SOLAR.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Energías Renovables	2
1.2.1. Uso de la energía eólica.....	4
1.2.1.1 Beneficios Ambientales	5
1.2.2 Energía hidráulica.....	6
1.2.3 Energía de biomasa.....	7
1.2.4 Energía Geotérmica.....	9
1.2.5 Energía solar	10
1.3 Propiedades de la energía solar.....	12
1.3.1 Características de la energía solar.....	12
1.3.2 Mecanismos de transferencia de calor	13
1.3.3 Radiación solar.....	15
1.3.4 Radiación sobre la superficie terrestre.....	17
1.3.5 Irradiancia solar.....	20
1.3.6 Irradiación solar.....	21
1.3.7 Ángulo de incidencia.....	21
1.4 Aplicaciones de la energía solar	23
1.4.1 Los diversos usos de la energía solar en los hogares	23
1.4.2 Aplicaciones en el sector industrial.....	24
1.4.3 Ventajas	25
1.4.4 Desventajas	27



F E S
ZARAGOZA

1.5 Sistemas fotovoltaicos	28
1.5.1 Funcionamiento	31
1.5.2 Características de los sistemas FV	32
1.5.3 Sistemas fotovoltaicos aislados	33
1.5.4 Sistemas fotovoltaicos conectados a la red	34
1.5.5 Sistemas híbridos	35
1.6 Celdas fotovoltaicas	36
1.6.1 Tipos de celdas fotovoltaicas	37
1.7 Importancia de la tecnología fotovoltaica en México	40
1.7.1 Estados con oportunidad en México	42
1.8 Marco Legal	43
1.8.1 Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE)	43
1.8.2 Ley de transición Energética	43
CAPÍTULO 2: INSTALACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	45
2.1 Componentes de un sistema fotovoltaicos	45
2.1.1 Generador fotovoltaico	45
2.1.2 Las estructuras soporte	46
2.1.3 Los cables de conexión	48
2.1.4 El inversor	49
2.1.5 Baterías	52
2.1.6 Regulador de Carga	59
2.2 Instalación	60
2.2.1 Aplicaciones autónomas	60
2.2.2 Aplicaciones conectadas a la red	60
2.2.3 Instalación eléctrica	61
2.2.4 Puesta a tierra	61
2.2.5 Cableado	62
2.2.6 Código de colores	65
2.3 Diseño	65
2.3.1 Orientación e inclinación	65
2.3.2 Sombreados	66
2.3.3 Área requerida para el montaje	67



F E S
ZARAGOZA

2.4 Mantenimiento.....	67
2.5 Análisis económico	68
2.5.1 Costo de inversión.....	68
2.5.2 Costo de energía	69
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL SECTOR INDUSTRIAL EN MÉXICO ...	71
3.1 ANALISIS ENERGETICO DEL SECTOR INDUSTRIAL EN MEXICO	71
3.2 Balance Nacional de Energía	71
3.2.1 Contexto Energético Mundial	72
3.3 Oferta y Demanda de Energía	74
3.3.1 Producción de energía primaria.....	74
3.4 Consumo energético por sectores	77
3.4.1 Sector agropecuario.....	77
3.4.2 Sector residencial, comercial y público.....	78
3.4.3 Sector transporte	79
3.4.4 Sector industrial	81
3.5 Industria Química.....	86
CAPÍTULO 4: ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO PARA PROYECTOS DE AHORRO DE ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA (SISTEMAS FOTOVOLTAICOS)	88
4.1 Conceptos de Economía	88
4.1.1 Financiamiento	88
4.1.2 Programa financiero.....	88
4.1.3 Préstamo o Crédito.....	89
4.1.4 Formas de Financiamiento.....	89
4.2 Ingeniería Económica.....	90
4.2.1 Valor Presento Neto.....	90
4.2.2 Tasa Real de Cambio.....	91
4.2.3 Tasa Interna de Retorno.....	91
4.3 Instituciones encargadas en financiar proyectos de ahorro de energía.....	92
4.3.1 Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE).....	92
4.3.2 Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO).....	93
4.3.3 Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA)	94
4.3.4 Nacional Financiera (Nafinsa).....	94
4.3.5 Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS).....	95

4.3.6 Banco Interamericano de Desarrollo (BID).....	95
4.3.7 Modelo ESCOs	96
4.4 Alternativas de Financiamiento para proyectos de ahorro de energía y eficiencia energética (Sistemas fotovoltaicos)	96
4.4.1 Programas de Financiamiento Federal	97
4.4.1.1 Financiamiento a proyectos de micro generación y cogeneración de energía eléctrica hasta 500 kW.....	97
4.4.1.2 Financiamiento a municipios para proyectos de ahorro y eficiencia energética.....	98
4.4.1.3 Financiamiento a proyectos de desarrollo tecnológico que impacten el mercado y propicien el ahorro y la eficiencia energética	99
4.4.1.4 Programa SAGARPA-Banco Mundial-FIRCO	100
4.4.1.5 Proyecto de energía renovable y eficiencia energética.....	101
4.4.1.6 Créditos para inversión pública productiva a municipios.....	102
4.4.1.7 Programas de apoyo a proyectos sustentables.....	103
4.4.2 Programas de Financiamiento Privados o mixtos	104
4.4.2.1 Créditos a proyectos sustentables	104
4.4.3 Programas de Financiamiento Internacional.....	105
4.4.3.1 Créditos para inversión pública productiva a municipios.....	105
4.4.3.2 Créditos para inversión pública productiva a municipios.....	106
4.4.3.3 Financiamiento para proyectos de energías renovables y eficiencia energética.....	107
4.5 Barreras de la tecnología Fotovoltaica.....	108
4.5.1 Financieras	108
4.5.2 Legales, regulatorias y normativas	108
4.5.3 Técnicas.....	108
4.5.4 Por falta de capacidades.....	108
4.5.5 Por falta de información.....	109
4.6 Incentivos para fomentar el uso de la tecnología Fotovoltaica.....	109
CAPÍTULO 5: FINANCIAMIENTO DE UN PROYECTO FV APLICADO A LA INDUSTRIA QUÍMICA, COMO EJEMPLO DE CASO	111
5.1 Tarifas eléctricas en México.....	111
5.1.1 Tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica	112
5.1.2 Tarifas específicas: Domesticas	112

5.1.3 Tarifas específicas: Servicios públicos, temporal y agrícolas	113
5.1.4 Tarifas Generales	113
5.1.5 Tarifas de respaldo	114
5.1.6 Tarifas de Servicio Interrumpible.....	114
5.2 Caso ejemplo para la implementación de un sistema fotovoltaico a la industria	114
5.2.1 Objetivos	114
5.2.2 Alcances	114
5.2.3 Bases diseño.....	115
5.2.4 Esquema de las instalaciones de la Planta.....	116
5.2.5 Análisis de los consumos y demandas energéticas	116
5.2.6 Energía eléctrica.....	117
5.3 Cálculo y dimensionamiento del sistema fotovoltaico (Primer Herramienta) 125	
5.3.1 Parámetros para el cálculo económico para el SFVI en México	125
5.3.2 Cálculos individuales.....	126
5.4 Calculo del desarrollo financiero del proyecto (Segunda Herramienta)	128
5.4.1 Datos de entrada	129
5.4.2 Configuración del sistema.....	129
5.4.3 Economía del proyecto.....	130
5.4.4 Desarrollo financiero del proyecto.....	132
5.5 Análisis Ambiental	132
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	136
BIBLIOGRAFÍA	138
Anexo 1	141
Anexo 2.	144
Anexo 3.	145
Anexo 4.	146
Anexo 5.	147



LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1 Tipos de energías renovables.....	3
Figura 1.2 Generación de biomasa.....	7
Figura 1.3 Aplicación y uso de la biomasa.....	8
Figura 1.4 Esquema de un tanque solar integrado en el colector	13
Figura 1.5 Espectro de irradiancia.....	16
Figura 1.6 Intensidad media de la radiación solar sobre la superficie terrestre	17
Figura 1.7 Radiación solar	18
Figura 1.8 Radicación directa	18
Figura 1.9 Radiación difusa	19
Figura 1.10 Radiación reflejada.....	19
Figura 1.11 Los tres tipos de radiaciones presentes.....	20
Figura 1.12 Variación en la irradiancia solar durante el día sobre un módulo horizontal.....	21
Figura 1.13 Ángulo de incidencia sobre un módulo horizontal	22
Figura 1.14 Sistema de seguimiento para un generador conectado a la red	22
Figura 1.15 Sistema de seguimiento en uno y dos ejes	23
Figura 1.16 Esquema de un sistema fotovoltaico.....	29
Figura 1.17 Ubicación de los componentes de un sistema fotovoltaico de uso domestico	30
Figura 1.18 Representación física del efecto fotovoltaico en una celda solar.....	32
Figura 1.19 Sistema aislado a la red.....	33
Figura 1.20 Sistema conectado a la red eléctrica.....	35
Figura 1.21 Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos	36
Figura 1.22 Celdas, módulos y arreglo fotovoltaico.....	37
Figura 1.23 Módulos de silicio.....	38
Figura 1.24 Módulos de película delgada	39
Figura 1.25 Países con oportunidades en energía solar	40
Figura 1.26 Ubicación del cinturón solar	41
Figura 1.27 Premios Otorgados para plantas FV en México	42
Figura 2.1 Generador fotovoltaico formado por 16 paneles	46
Figura 2.2 Estructura fija	47
Figura 2.3 Estructura móvil con seguimiento al sol	48
Figura 2.4 Flujo de corriente en el inversor	50
Figura 2.5 Tipos de inversores clasificados por su funcionamiento	51
Figura 2.6 Baterías para uso en sistemas fotovoltaicos.....	56
Figura 2.7 Baterías (o acumuladores) conectados en serie	59
Figura 2.8 Baterías (o acumuladores) conectados en paralelo.....	59
Figura 2.9 Puesta a tierra de un sistema FV residencial conectado a la red.....	62
Figura 2.10 Cable tipo USE-2/RHH/RHW-2	63
Figura 2.11 Cable tipo THW/THHWLS	64
Figura 2.12 Cable tipo desnudo	64
Figura 2.13 Diagrama de ángulos de inclinación	65
Figura 2.14 Distribucion de costos de inversión del SFV	69
Figura 3.1 Producción mundial de energía primaria equivalente 13,611.81 MMtep.....	73

Figura 3.2 Consumo mundial de energía por energético.....	73
Figura 3.3 Consumo total a nivel mundial de energía por sector y energético.....	74
Figura 3.4 Estructura de la producción de energía primaria.....	76
Figura 3.5 Consumo final de energético por sector, 2014.....	77
Figura 3.6 Consumo de energía del sector transporte, 2014.....	80
Figura 3.7 Consumo energético de las principales ramas industriales.....	84
Figura 3.8 Comparación de costo en la tarifa eléctrica entre México y EUA.....	86
Figura 4.1 Logotipo de la Institución FIDE.....	93
Figura 4.2 Logotipo de la Institución FIRCO.....	93
Figura 4.3 Logotipo de la Institución FIRA.....	94
Figura 4.4 Logotipo Nacional Financiera.....	95
Figura 4.5 Logotipo de la Institución BANOBRAS.....	95
Figura 4.6 Logotipo deL Banco Interamericano de Desarrollo.....	96
Figura 5.1 Esquema de las instalaciones.....	116
Figura 5.2 Nombre de la primer herramienta.....	125
Figura 5.3 Apartado para los parámetros a introducir.....	126
Figura 5.4 Datos del consumo eléctrico.....	127
Figura 5.5 Cálculo del potencial de ahorro con programa privado.....	127
Figura 5.6 Cálculo del potencial de ahorro con programa federal.....	128
Figura 5.7 Nombre de la segunda herramienta.....	128
Figura 5.8 Apartado de parámetros, segunda herramienta.....	129
Figura 5.9 Configuración del sistema fotovoltaico.....	130
Figura 5.10 Estimación de la economía del proyecto.....	131

Listado de Tablas y Gráficas

Tabla 1.1 Ventajas de las energías renovables.....	3
Tabla 1.2 Ventajas de la energía eólica.....	5
Tabla 1.3 Ventajas de la energía hidráulica.....	7
Tabla 1. 4 Tipos de combustibles.....	8
Tabla 1.5 Ventajas y desventajas de la energía geotérmica.....	10
Tabla 1.6 Ventajas y desventajas de la energía solar.....	11
Tabla 1.7 Aplicaciones de los sistemas que emplean energía solar.....	25
Tabla 1.8 Comparación entre módulos fotovoltaicos.....	39-40
Tabla 2.1 Ángulos de inclinación.....	66
Tabla 2.2 Requerimiento de espacios según los módulos.....	67
Tabla 3.1 Producción de energía primaria.....	75
Tabla 3.2 Consumo de energía en el sector agropecuario.....	78
Tabla 3.3 Consumo de energía en el sector residencial, comercial y público.....	79
Tabla 3.4 Consumo de energía en el sector transporte.....	80
Tabla 3.5 Consumo de energía en el sector industrial.....	83
Tabla 3.6 Consumo de energía en el sector industrial por ramas.....	85
Tabla 4.1 Criterio de decisión del Valor Presente Neto.....	92

Tabla 4.2 Criterio de decisión de la Tasa Interna de Retorno	92
Tabla 5.1 Información general de la planta	115
Tabla 5.2 Horarios por período en tarifa H-M	117-118
Tabla 5.3 Estadística de consumo eléctrico	118
Tabla 5.4 Tarifa de referencia eléctrica.....	124
Tabla 5.5 Costo de referencia eléctrico	124
Tabla 5.6 Resumen de resultados del análisis financiero	131
Tabla 5.7 Resumen de resultados a 20 años de proyección	132
Tabla 5.8 Flujo de efectivo con programa financiero	133
Tabla 5.9 Flujo de efectivo sin financiero	133
Tabla 5.10 Comparativa entre indicadores económicos del proyecto	134
Gráfica 2.1 Costo nivelado para SFV	70
Gráfica 3.1 Producción de energía primaria	75
Gráfica 3.2 Producción de energía solar	76
Gráfica 3.3 Consumo de energía en el Sector Industrial.....	81
Gráfica 3.4 Consumo de energía solar en el Sector Industrial.....	83
Gráfica 3.5 Consumo de energía eléctrica en el Sector Industrial.....	84
Gráfica 3.6 Consumo de energía de la Industria Química.....	86
Gráfica 5.1 Perfil anual de consumo de electricidad	119
Gráfica 5.2 Perfil anual de demandas máximas eléctricas.....	120
Gráfica 5.3 Perfil horario para un año.....	121
Gráfica 5.4 Evolución de las tarifas de CFE	122
Gráfica 5.5 Comparativa de facturas eléctricas	123
Gráfica 5.6 Desarrollo financiero del proyecto	132



TABLA DE ABREVIATURAS

Tabla de Abreviaturas	
ER	Energía Renovable
CONAE	Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Ahora CONUEE)
kW/m ²	Kilowatt sobre metro cuadrado
µm	Unidad de medida micrómetros
W/m ²	Watt sobre metro cuadrado
HSP	hora solar pico
SFV	Sistema Fotovoltaico
Wp	Watt pico
CFE	Comisión Federal de Electricidad
DC	Corriente Continua
AC	Corriente Directa
GRID-TIE	Sistema Interconectado
kWh	Kilowatt-hora
GWh	Gigawatt-hora
ANES	Asociación Nacional de Energía Solar
CRE	Comisión Reguladora de Energía
LAERFTE	Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética
DOF	Diario Oficial de la Federación
CELS	Certificado de Energías Limpias
TWh	Terawatts-hora
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
IGBT	Transistor bipolar de puerta aislada
MOSFET	Transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor
PWM	Modulación por ancho de pulsos
CSI	Inversores en fuente de corriente
VSI	Inversores en fuente de tensión
Ah	Amperio-hora
SFVI	Sistema Fotovoltaico Interconectado
AFV	Arreglo Fotovoltaico
GIZ	Agencia Alemana de Cooperación Técnica

MMtep	Mil millones de toneladas equivalentes de petróleo
PJ	Petajoule
SENER	Secretaría de Energía
PEMEX	Petróleos Mexicanos
ANIQ	Asociación Nacional de la Industria Química
VPN	Valor Presente Neto
TRC	Tasa Real de Cambio
TIR	Tasa Interna de Retorno
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
FIRCO	Fideicomiso de Riesgo Compartido
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
FIRA	Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura
FONAGA	Fondo Nacional de Garantías de los Sectores, Agropecuario, Forestal, Pesquero y Rural
Nafinsa	Nacional Financiera
BANOBRAS	Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
FTL	Fondo de Tecnología Limpia
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
BEI	<i>Banco Europeo de Inversiones</i>
KfW	<i>Banco de Crédito para la Reconstrucción (Kreditanstalt für Wiederaufbau)</i>
LISR	Ley del Impuesto Sobre la Renta
F.P	Factor de Planta
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
BANCOMEXT	Banco Nacional de Comercio Exterior
PFAE	Persona Física con Actividad Empresarial
PM	Persona Moral

RESUMEN.

En el presente trabajo de tesis se realizó una investigación sobre los programas de financiamiento para proyectos de ahorro y eficiencia energética relacionados con la energía solar enfocándose en la tecnología fotovoltaica y haciendo mención a las instituciones encargadas de otorgar este apoyo económico así como los requisitos para ser acreedor al financiamiento y la cobertura de los programas, para así proponer una alternativa que se adecue a la industria.

Debido a que la Industria química es un gran consumidor de energía eléctrica, la implementación de proyectos de ahorro y eficiencia energética basados en el uso de energía renovables, resulta ser una opción favorable para cubrir la demanda de energía que requiere y a la vez generando ahorros económicos en el consumo de energéticos y mostrando una imagen amigable con el medio ambiente.

Apoyándose en el documento denominado “Balance Nacional de Energía”, en el cual se registran los datos de consumo de energía en el país, se hizo un análisis energético del consumo de energía en el sector industrial, delimitándose en la rama química para identificar si hay oportunidad de integración de dichos proyectos para la generación de energía en sus instalaciones así como para el procesos.

De acuerdo al ejemplo analizado en el presente trabajo sobre la instalación de sistemas fotovoltaicos interconectado a la red, a una industria de la rama química, se puede concluir que la alternativa de financiamiento de origen privado, mixto y/o internacional es la que más se adecua a este proyecto debido al costo del proyecto, por la potencia a instalar mayor a 500 kW y por la tasa de interés baja que ofrecen.

INTRODUCCIÓN

Se debe puntualizar que, a pesar de que el concepto de ahorro de energía y el de eficiencia energética, se puede pensar que se refieren a lo mismo, hay una diferencia entre estos dos conceptos que hay que aclarar.

¿Qué es eficiencia energética?

Es usar inteligentemente la energía reduciendo su consumo sin disminuir la calidad de vida al maximizar el uso de esta.

Al reducir el consumo energético se gasta menos en la obtención de la misma.

Cuando se usa de forma eficiente la energía se está explotando hasta la mínima cantidad y en la mejor forma posible. Por lo que se puede concluir que la eficiencia energética reduce la cantidad de energía, pero mantiene el mismo servicio o nivel de la actividad.

¿Qué es el ahorro de energía?

La consecuencia de la eficiencia energética es el ahorro energético, que se traduce en una mayor eficiencia y menor consumo de energía. Es importante el ahorrar energía porque a la vez se está ahorrando dinero reduciendo en costos de energéticos, de forma que además, no implique una reducción en la calidad de vida.

Entonces un proyecto de ahorro y eficiencia energética es aquel que nos permite reducir el consumo de energía demanda en la red sin que afecte a las actividades normales realizadas en edificios, industrias o procesos de transformación.



Estos tipos de proyectos fomentan el aprovechamiento de las energías renovables para la obtención de energía disminuyendo el consumo de combustibles fósiles.

Para poder integrar estos proyectos se requiere hacer un análisis financiero que avale su rentabilidad.

En México, la principal fuente de obtención de energía eléctrica es mediante la quema de combustibles fósiles en centrales termoeléctricas, las cuales liberan a la atmósfera dióxido de carbono, considerado el principal gas responsable del calentamiento global, así como otros contaminantes que varían dependiendo del combustible utilizado.

Muchas son las razones por las cuales se diferencian las decisiones de proyectos de eficiencia energética, las más comunes son:

- 1) Desconocimiento del potencial de ahorros por ineficiencias existentes en las instalaciones de la empresa;
- 2) Desconocimiento de la existencia de nueva tecnología que permite una operación eficiente;
- 3) Falta de financiamiento para desarrollar proyectos energéticos de alta rentabilidad;
- 4) Confusión que crean los distribuidores de equipo al empujar la venta de un proyecto al margen de la necesidad real de su cliente, y
- 5) Desconfianza por malas experiencias con proveedores que tuvieron poca pericia, experiencia o incluso con malas prácticas.



FES
ZARAGOZA

OBJETIVOS

Objetivo general:

Abordar las distintas alternativas de financiamiento que tiene la industria química para incorporar proyectos de ahorro y eficiencia energética (sistemas fotovoltaicos) para la generación de energía eléctrica en sus instalaciones. Así reduciendo gastos en este servicio y fomentando una imagen de valores positivos al promover el uso de las energías renovables.

Objetivos específicos:

- Proporcionar información básica sobre los diferentes tipos de financiamiento que pueden ser otorgados a proyectos de ahorro de energía
- Identificar un financiamiento adecuado para la industria
- Identificar los diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos que se comercializan actualmente.
- Analizar las barreras que impiden el desarrollo de sistemas fotovoltaicos.
- Analizar medidas para incentivar el uso de energía fotovoltaica a la industria
- Analizar el consumo energético del sector industrial
- Analizar el consumo energético de la industria química
- Mostrar el desarrollo financiero de un proyecto Fotovoltaico aplicado a la industria química.



F E S
ZARAGOZA

JUSTIFICACIÓN

Debido a que el sector industrial es el segundo mayor consumidor de energía en el país se ha implementado nuevas propuestas de proyectos, que generen menos contaminantes para la generación de energía eléctrica.

Mediante el desarrollo de este trabajo se pretende dar a conocer las distintas alternativas de financiamiento que las industrias pueden optar para llevar a cabo la realización del proyecto así como proponer una e identificar a las distintas instituciones que pueden otorgar a estos proyectos en materia de ahorro de energía, especialmente en el caso de los sistemas fotovoltaicos

Así mismo haciendo de este trabajo como material de consulta para nuevos emprendedores de dichos proyectos que desconozcan y quieran conocer nuevas alternativas, ya que la información como tal no se encuentra recopilada en algún documento y en ocasiones no es clara.

Los sistemas energéticos basados en fuentes renovables de energía tienen en común una inversión inicial alta para su construcción y los sistemas solares fotovoltaicos no son la excepción a pesar de requerir un bajo mantenimiento durante su operación durante su largo ciclo de vida útil.

Con el uso de la tecnología de sistemas fotovoltaicos, se pretende el ahorro energético y económico, así mismo contribuirá al cuidado del medio ambiente al reducir la emisión de contaminantes.



CAPÍTULO 1: ENERGÍA SOLAR

1.1 Antecedentes.

Las energías renovables son aquellas que tienen un potencial inagotable, que van desde la luz y calor procedente del sol, las olas, los vientos, el agua, también las sustancias de origen vegetal, producidas por el sol a través de la fotosíntesis, es decir, la biomasa. De esta forma se distinguen, en una forma semántica, las energías y materias fósiles y finitas de las que el sol reproduce de continuo y con garantía de regeneración ecológica. Las energías renovables han sido históricamente las primeras y más ampliamente utilizadas, al menos hasta la revolución industrial. Como ejemplo, la energía eólica usada en el antiguo Egipto en la navegación o en la desecación de los terrenos, la energía hidráulica usada por los romanos en sus molinos de cereales y sus fraguas, la biomasa, utilizada en forma de leñas para uso doméstico que presentó y todavía presenta un uso universal, etc...

A partir de la revolución industrial, las energías renovables se vieron afectadas y se les prestó menos atención con la aparición de energías que son obtenidas a partir de combustibles fósiles como es el carbón, el petróleo y posteriormente la energía nuclear.

Ahora que el uso de la energía es mucho más intensivo que en cualquier otro momento histórico, el uso de energías renovables es insignificante, es más no son empleadas para satisfacer la demanda de energía, y sólo hasta hace un par de años se inició con un proceso para la utilización de estos recursos energéticos a través del desarrollo de nuevas tecnologías.

De esta manera, en los últimos veinte años, en un proceso asociado también a preocupaciones ambientales, apoyado por políticas públicas de fomento en países desarrollados y empujado por iniciativas empresariales, por lo que han retomado un



lugar de gran importancia en la agenda energética mundial (De Buen R.,CONAE, 2002, p. 1). La necesidad y oportunidad para promover proyectos de generación de energía eléctrica a partir de energías renovables en México se fundamenta en un conjunto de beneficios y ventajas que, integrados, ubican claramente ese espacio de oportunidad para este tipo de proyectos y esa necesidad de establecer estrategias de política pública para aprovecharlas.

1.2 Energías Renovables

Las fuentes de energía se clasifican en:

Fuentes no renovables. Son recursos formados durante muchos millones de años, que están almacenados en la tierra y una vez que son consumidos por el hombre, no vuelven a regenerarse, por este motivo su agotamiento será inevitable.

Fuentes renovables. Son recursos que continuamente se están regenerando a una velocidad similar a la de su consumo por el hombre y son provenientes de la naturaleza.

Por lo tanto, las energías renovables son aquellas que se producen de manera continua y son inagotables a escala humana. Además tienen como ventaja adicional el poder complementarse entre sí, favoreciendo la integración entre ellas.

Son respetuosas con el medio ambiente, y aunque ocasionen efectos negativos sobre el entorno, son muchos menores que los impactos ambientales de las energías no renovables como son los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), energía nuclear, etc.

Los combustibles fósiles (petróleo, carbón mineral y gas natural) son recursos finitos que inexorablemente van a agotarse; de ahí su denominación de "*recursos no renovables*". Dentro de estos tipos de energía se encuentran: la solar, la eólica (viento), la minihidráulica (ríos y pequeñas caídas de agua), la biomasa (materia

orgánica), la geotermia (calor de las capas internas de la Tierra) y la oceánica, principalmente,.



Figura 1.1 Tipos de energías renovables [Fuente: Portal Erenobables.com, 2016]

Las energías renovables ofrecen la oportunidad de obtener energía útil para diversas aplicaciones, su aprovechamiento tiene menores impactos ambientales que el de las fuentes convencionales y poseen el potencial para satisfacer todas nuestras necesidades de energía presentes y futuras. Además, su utilización contribuye a conservar los recursos energéticos no renovables y propicia el desarrollo regional. En la tabla 1.1 se enlista algunas ventajas de las energías renovables.

Ventajas
<ul style="list-style-type: none">• Son respetuosas con el medio ambiente.• No emiten gases contaminantes.• No generan residuos peligrosos.• Se pueden instalar en zonas rurales y aisladas.• Disminuyen la dependencia de suministros externos

Tabla 1.1 Ventajas de las energías renovables [Fuente: Méndez Muñiz, J. M., 2007]

El Sol provoca en la tierra las diferencias de presión que dan origen a los vientos.

La energía eólica es provocada por el calentamiento diferencial de la atmosfera por el Sol, y las irregularidades de la superficie terrestre.

Aunque solo una pequeña parte de la energía solar que llega a la tierra se convierte en energía eólica, la cantidad total es enorme.

La energía eólica ha sido empleada, desde hace siglos, para aplicaciones diversas que van desde el transporte marítimo y aplicaciones agrícolas (bombeos de agua, molienda de grano), hasta la generación de energía eléctrica a gran escala (Talayeros, Telmo, 2008, p. 13).

Pero siempre con el mismo objetivo, que es el aprovechar la energía que posee el viento, un recurso energético que la naturaleza nos ofrece de forma completamente gratuita.

La producción de energía eléctrica de origen eólico es un fenómeno no totalmente reciente. Hoy en día, la energía eólica es una de las fuentes energéticas renovables que han producido un mayor crecimiento tecnológico, sobre todo en estos últimos años.

1.2.1. Usos de la energía eólica

Dentro de los usos en los que se emplea la energía del viento, podemos encontrar las siguientes aplicaciones:

- Bombeo de agua.
- Electrificación rural.
- Demandas de pequeñas potencias.
- Pueden agruparse y formar parques eólicos conectados a la red eléctrica

El dispositivo capaz de realizar la conversión de la fuerza del viento en electricidad es el aerogenerador o generador eólico, que consiste en un sistema mecánico de

rotación provisto de palas a modo de los antiguos molinos de viento, y de un generador eléctrico con el eje solidario al sistema motriz.

1.2.1.1 Beneficios ambientales

La energía eólica es beneficiosa por que frena el agotamiento de los combustibles fósiles, que se caracterizan por estar disponibles en una cantidad limitada, además, es inagotable y exenta de problemas de contaminación.

Esta energía es una de las fuentes de energías renovables para la que se dispone de una tecnología madura, por lo que su explotación es técnica y económicamente viable. En la siguiente tabla se puede consultar otras ventajas así como los posibles inconvenientes que esta energía puede provocar.

Energía Eólica	
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">• Evita la importación de carbón, petróleo y materiales radioactivos.• Evita grandes impactos ambientales como la lluvia acida y el efecto invernadero.• E barata y no produce residuos.• La tecnología necesaria para instalarla es sencilla.• Los espacios ocupados pueden permitir la actividad agrícola.
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none">• Repercute sobre la fauna y la flora.• Impacto visual.• Ruido• Interferencias en los medios de comunicación.

Tabla 1.2 Ventajas de la energía eólica [Fuente: Méndez Muñiz, J. M., 2007]

1.2.2 Energía hidráulica.

La energía hidráulica ha sido una de las primeras en ser utilizadas por el hombre para generar movimiento. Tiene su origen en el ciclo del agua, generado por el sol.

El Sol evapora el agua de los mares, lagos, etc. Esta agua cae en forma de lluvia y nieve sobre la tierra y vuelve hasta el mar donde el ciclo se reinicia (ciclo del agua).

El agua es un elemento esencial en el sector energético. De las fuentes de energía renovables, el agua es el recurso más utilizado para la obtención de energía eléctrica. Las explotaciones hidroeléctricas no producen contaminación y el elemento fundamental, el agua, no sufre deterioro, pudiendo ser utilizada para otros fines (riesgos, usos sanitarios o industriales).

El agua, es uno de los elementos que permite su almacenamiento y regulación en su uso, proporcionando una gran ventaja con respecto a otras energías renovables de carácter aleatorio como la solar y eólica. Esta energía se obtiene a partir de la energía potencial asociada a los saltos de agua debido a la diferencia de altura entre dos puntos del curso de un río.

Las centrales hidroeléctricas transforman en energía eléctrica el movimiento de las turbinas que se generan al precipitar una masa de agua entre dos puntos a diferente altura.

La transformación en electricidad de la energía cinética adquirida por una masa de agua en movimiento se efectúa con las modernas turbinas y generadores en unas óptimas condiciones de eficiencia energética.

En la siguiente tabla se muestran las ventajas y desventajas de esta energía.

Energía Hidráulica	
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • No contamina • Es muy abundante
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> • Sus infraestructuras son muy caras. • Depende de los factores climáticos. • Impacto medioambiental

Tabla 1.3 Ventajas de la energía hidráulica [Fuente: Méndez Muñiz, J. M., 2007]

1.2.3 Energía de biomasa

La bioenergía es la energía que se obtiene a partir de biomasa, es decir, es la materia orgánica organizada en un proceso biológico, espontaneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Entonces la biomasa es toda planta o materia que hay sobre la superficie: residuos agrícolas, forestales, restos de las industrias de la madera y cultivos energéticos como cardo, girasol, paulonia, etc., y se encuentra disponible localmente como fuente de energía que puede proveer electricidad, calor y energía.

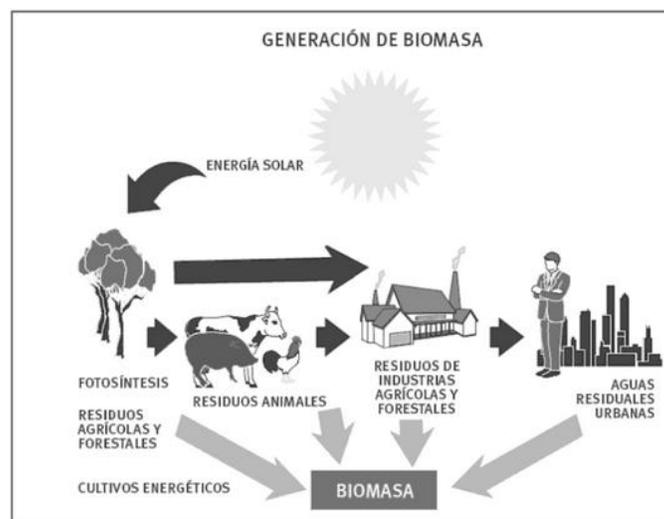


Figura 1.2 Generación de biomasa [Fuente: Castells, X. E., 2012]

Es la energía renovable con mayor potencial, la fotosíntesis permite convertir la energía solar en materia orgánica de la que se obtienen combustibles.

Combustibles	
<p>A partir de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aceites • Alcoholes • Plantas de digestión de residuos • Madera 	<p>Se obtiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sustitutos del diésel. • Sustitutos de la gasolina • Biogás • Combustibles para calefacción

Tabla 1. 4 Tipos de combustibles [Fuente: Méndez Muñiz, J. M., 2007]

La biomasa posee una serie de aplicaciones desde el punto energético y de su utilización como materias primas para el sector industrial, especialmente en las industrias químicas.

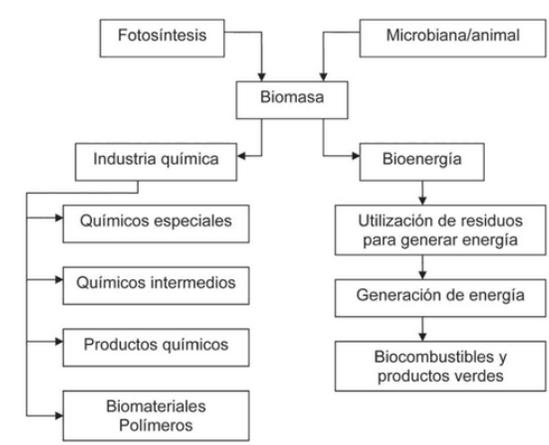


Figura 1.3 Aplicación y uso de la biomasa [Fuente: Castells, X. E., 2012]

1.2.4 Energía Geotérmica

Es la energía proveniente del vapor a presión o del agua caliente almacenada en el subsuelo. Se utiliza en forma directa como calefacción, o bien, para generar electricidad. Se manifiesta por medio de procesos geológicos como volcanes, géiseres que expulsan agua caliente y las aguas termales. La conversión de la energía geotérmica en electricidad consiste en hacer pasar el vapor a través de una turbina que está conectada a un generador que produce energía eléctrica.

Unos de los problemas en el empleo de esta energía es la corrosión de las tuberías que transportan el agua caliente.

A pesar de ser considerada renovable, la energía geotérmica se ha desarrollado poco debido a que las zonas de donde se obtiene esta energía, se encuentran alejadas de centros poblacionales.

Dentro de las ventajas de la geotermia es que ayuda a disminuir la demanda de otros combustibles, no se necesitan grandes áreas de terreno para la obtención del recurso y no hay etapas de rendimiento ni de transporte.

1.2.4.1 *Uso de la energía geotérmica*

Dentro de los usos en los que se emplea esta energía, podemos encontrar las siguientes aplicaciones:

- Balnearios: aguas termales que tienen aplicaciones para la salud.
- Calefacción y agua caliente.
- Electricidad.
- Extracción de minerales: se obtiene de los manantiales de azufre, sal común, amoníaco, metano y ácido sulfhídrico.
- En la agricultura y acuicultura: para invernaderos y criaderos de peces

En la tabla 1.5 se mencionan otras ventajas y desventajas que esta energía puede generar al emplearla:

Energía Geotérmica	
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">• No existen variaciones de temperatura importantes en el foco de captación de energía.• Los residuos que produce son mínimos y de poco impacto ambiental
Desventajas	<ul style="list-style-type: none">• Emisiones de ácido sulfhídrico que en grandes cantidades pueden ser letal.• Emisión de CO₂ que aumenta el efecto invernadero.• Contaminación de aguas próximas.• Contaminación térmica.• Deterioro del paisaje.• No se puede transportar.

Tabla 1.5 Ventajas y desventajas de la energía geotérmica [Fuente: Méndez Muñiz, J. M., 2007]

1.2.5 Energía solar

La energía solar es la energía obtenida directamente del Sol. Además de su uso como fuente de iluminación, la radiación solar que incide en la Tierra puede aprovecharse de dos maneras:

- Transformación de la radiación solar en calor: Se denomina energía solar térmica. Consiste en transformar la radiación solar en calor, que puede aprovecharse para producir agua caliente destinada al consumo doméstico. El calor también puede utilizarse para producir energía mecánica mediante un ciclo termodinámico y, a través de un alternador, generar energía eléctrica: es la denominada energía solar termodinámica.
- Transformación de la radiación solar en electricidad: Se denomina energía solar fotovoltaica. Esta transformación se lleva a cabo en los elementos

semiconductores que integran los paneles solares fotovoltaicos. La electricidad puede ser utilizada de forma directa, almacenada en baterías, e incluso se puede inyectar en la red de distribución eléctrica.

Energía Solar	
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">• Escaso impacto ambiental.• No produce residuos perjudiciales para el medio ambiente.• Distribuida por todo el modo.• No tiene más costes una vez instalada que el mantenimiento el cual es sencillo.• No hay dependencia de las compañías suministradoras.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none">• Se precisan sistemas de acumulación (baterías) que contiene agentes químicos peligrosos. Los depósitos de agua caliente deben protegerse contra la legionela.• Puede afectar a los ecosistemas por la extensión ocupada por los paneles en caso de grandes instalaciones.• Impacto visual negativo si no se cuida la integración de los módulos solares en el entorno.

Tabla 1.6 Ventajas y desventajas de la energía solar [Fuente: Méndez Muñiz, J. M., 2007]

La energía solar también supera ampliamente a otras fuentes de energía, como la geotérmica, mareomotriz, nuclear e incluso la que es proporcionada por los combustibles fósiles. Pero no olvidemos que los rayos del sol propician la generación de otras energías, como la hidráulica, la eólica, la de las mareas, la de biomasa, etc. Curiosamente, otro indicador de la abundancia de energía solar es el mismo cambio climático. Ahora conociendo un poco sobre la energía solar, se procede a describir ciertas características de esta energía para poder entrar en el tema de la tecnología fotovoltaica.

1.3 Propiedades de la energía solar

1.3.1 Características de la energía solar

La energía solar presenta dos características que la diferencian de las fuentes energéticas convencionales: Dispersión e Intermitencia

1.3.1.1 Dispersión

En condiciones favorables, la densidad de la energía del sol apenas alcanza 1 kW/m², un valor muy por debajo del que se requiere para producir trabajo. Esto significa que, para obtener densidades energéticas elevadas, se necesitan grandes superficies de captación, o sistemas de concentración de los rayos solares.

1.3.1.2 Intermitencia

La intermitencia (interrupción) de la radiación solar hace absolutamente imprescindible utilizar algún sistema de acumulación que permita aprovechar la energía que en determinados momentos sobra para aquellos otros momentos en que hay un déficit por lo que hace necesario el uso de sistemas de almacenamiento de la energía captada. Por tanto, algún sistema de acumulación estará siempre presente en toda instalación solar situado entre la captación y la carga a satisfacer. En instalaciones solares existen básicamente dos sistemas de acumulación: el tanque de agua y el lecho de piedras, en función de si el colector solar es de agua o aire respectivamente.

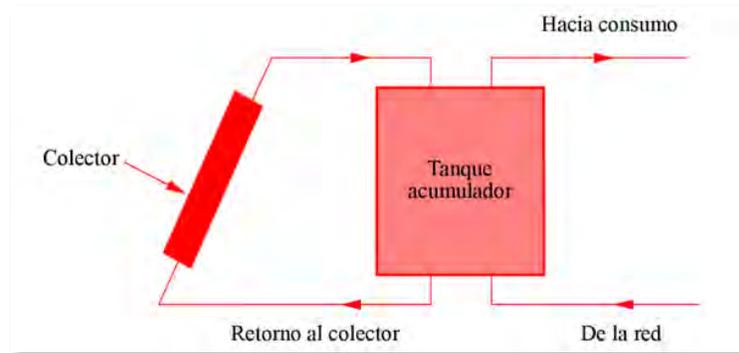


Figura 1.4 Esquema de un tanque solar integrado en el colector [Fuente: Calventus, Y., 2006]

1.3.2 Mecanismos de transferencia de calor

Antes de analizar el concepto de radiación solar, cabe mencionar que el calor se transfiere mediante tres mecanismos: conducción, convección y radiación.

La transferencia de energías como calor siempre se producen del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja, y la transferencia de calor se detiene cuando los dos medios alcanzan la misma temperatura.

A pesar de que el estudio de estos mecanismos es muy extenso, solo se hacen mención para tener en mente la importancia es estos.

1.3.2.1 Conducción

El mecanismo de conducción se da en los sólidos, la energía es transportada por la red atómica y por electrones libres (mecanismo de tipo molecular). Se sabe que el flujo de calor cuando se conduce a través de un material presenta una relación directamente proporcional a la diferencia de temperatura, así como al área de transferencia de calor, mientras que se observa una relación inversamente proporcional al espesor. La diferencia entre radiación y la conducción o la convección es su dependencia con la temperatura. Para una enorme mayoría de las aplicaciones de transferencia por conducción se usa la ley de Fourier.

$$Q^{\circ}_{cond} = -kA \frac{dT}{dX} \quad (1)$$

Donde Q°_{cond} es el flujo de calor conducido, $\frac{dT}{dX}$ es el gradiente de temperatura, A es el área de transferencia de calor y k es la conductividad térmica.

1.3.2.2 Convección

Es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacente que están en movimientos y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos.

La convección siempre resulta un mecanismo de transferencia en el cuál las características del fluido como: distribución de velocidad, turbulencia, entre otros, afectan significativamente la transferencia de calor.

La rapidez de transferencia de calor por convección es proporcional a la diferencia de temperaturas y se expresa por la ley de Newton del enfriamiento.

$$Q^{\circ}_{conv} = h A_S (T_S - T_{\infty}) \quad (2)$$

Donde h es el coeficiente de transferencia de calor por convección, A_S es la superficie en la cual tiene lugar la transferencia de calor, T_S es la temperatura de la superficie y T_{∞} es la temperatura final.

1.3.2.3 Radiación

La radiación es la energía que emite la materia en la forma de ondas electromagnéticas (o fotones) como resultados de cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas (Moran, Shapiro, 2004, p.58).

La tasa máxima que se puede emitir desde una superficie a una temperatura absoluta T_S se determina mediante la ley de Stefan-Boltzman.

$$Q^{\circ}_{rad} = \sigma A T_S^4 \quad (3)$$

Donde σ es la constante de Stefan-Boltzman con un valor de $5.76 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}^4$, A es el área donde se emite la radiación y T_S^4 el temperatura de la superficie, en la transferencia de calor por radiación se tiene generalmente diferencias de temperatura del orden de cuarta potencia o superiores.

Tanto la conducción y la convección requieren de la presencia de un medio para la transferencia de energía, pero la transferencia de calor por radiación no requiere de un medio para llevarse a cabo.

Aunque la conductividad térmica (k) en la ecuación 1 y coeficiente de transferencia de calor por convección (h) en la ecuación 2, pueden depender de la temperatura, esta dependencia no es muy fuerte. Así, y para la mayoría de las aplicaciones, la transferencia de calor por convección y por conducción se puede considerar linealmente proporcional a la temperatura.

Por lo que el mecanismo de transferencia de calor por radiación llega a ser más importante con el aumento de la temperatura y puede ser totalmente dominante sobre la conducción y la convección a temperaturas altas. A continuación se describe el fenómeno de radiación solar

1.3.3 Radiación solar

El Sol es una estrella que se encuentra a una temperatura media de 5500°C , en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones que producen una pérdida de masa que se transforma en energía. Esta energía liberada del Sol se transmite al exterior mediante la denominada radiación solar.

El sol está compuesto por una mezcla de gases, en su mayoría hidrógeno. Conforme el sol convierte el hidrógeno en helio mediante una masiva reacción termonuclear, en la superficie del mismo se conserva una temperatura aproximada de 5800 K . Esta energía es irradiada desde el sol de manera uniforme en todas las

direcciones. La densidad de energía emitida por unidad de área, depende de la integración de la misma en función de la longitud de onda, empleando la siguiente fórmula:

$$W_{\lambda} = \frac{2\pi hc^2 \lambda^{-5}}{e^{\lambda kT} - 1} \quad (W/m^2/unidad\ de\ longitud\ en\ metros) \quad (4)$$

Donde $h = 6.63 \times 10^{-34}$ W s² (constante de Planck), $c = 3.00 \times 10^8$ m/s (velocidad de la luz en vacío), $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K (constante de Boltzman), T = temperatura del cuerpo negro en grados Kelvin, w_{λ} = Radiación emitida por el sol y cualquier cuerpo.

La relación anterior describe la densidad de energía en la superficie del sol en W/m² por unidad de longitud de onda en metros (nanómetros). Integrando dentro de un intervalo de longitudes de onda (de 0 a 2.5 μm) se obtiene un valor aproximado de 6.32×10^7 W/m², considerando que el valor de densidad de energía varía inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, el diámetro del sol de aproximadamente 1.39×10^9 m y una longitud aproximada entre el sol y la tierra de 1.5×10^{11} m, se obtiene una densidad de energía por unidad de área (irradiancia) incidente sobre la atmósfera de nuestro planeta de aproximadamente $1,367$ W/m², este dato es conocido como la constante solar.

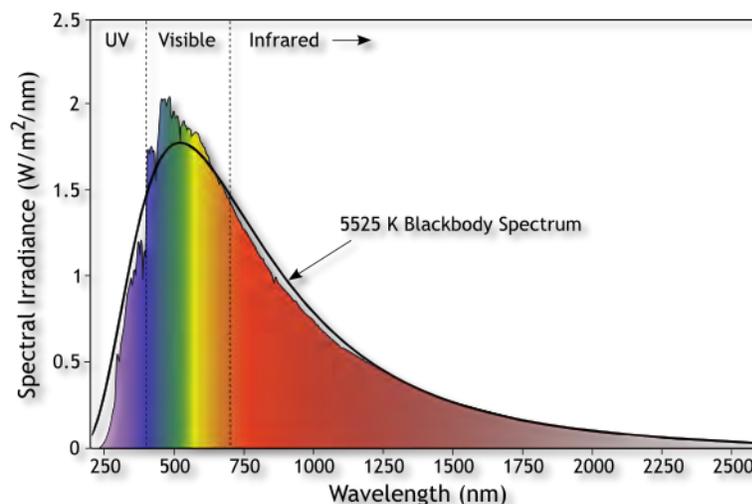


Figura 1.5 Espectro de Irradiancia [Fuente: Banyeras Jutglar, L. 2004]

A la tierra sólo llega aproximadamente 1/3 de la energía total interceptada por la atmósfera, y de ella el 70% cae en el mar. Aun así, es varios miles de veces el consumo energético mundial (Méndez, Javier & Cuervo, Rafael. Pág. 34).

En la figura 1.6 se esquematiza como es la intensidad de la energía solar cuando llega a la superficie terrestre, en el siguiente punto se explicara un poco más a detalle sobre este tema.

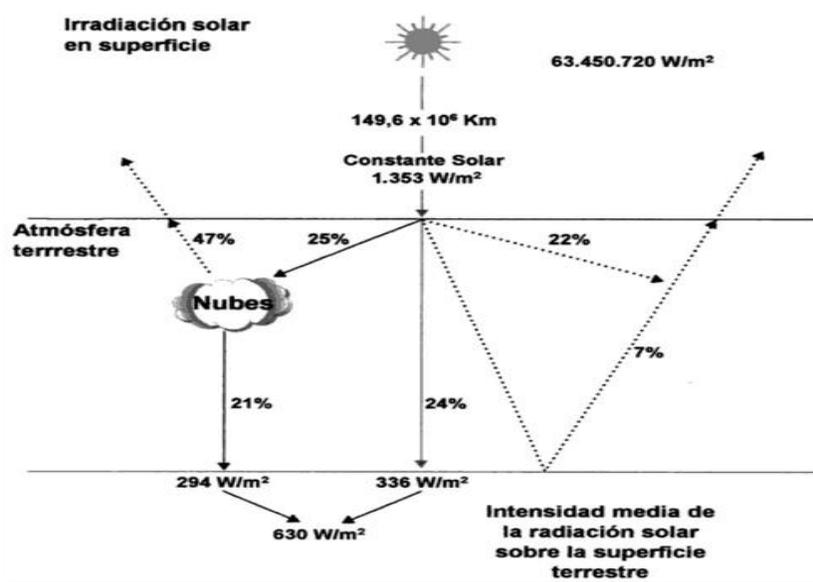


Figura 1.6 Intensidad media de la radiación solar sobre la superficie terrestre [Fuente: Méndez Muñiz, J. M., 2007]

1.3.4 Radiación sobre la superficie terrestre

Después de que el haz de luz solar entra a la atmósfera, un porcentaje es absorbido, otro es desviado y otro pasa directo a la superficie sin tener afectaciones. Ya en la superficie otro porcentaje es absorbido o reflejado por objetos.

En función de cómo inciden los rayos en la tierra se distinguen tres componentes de la radiación solar global: Directa, Difusa y Albedo, en la figura 1.7 se muestran estos componentes, en los siguientes puntos se explicaran cada uno de ellos.

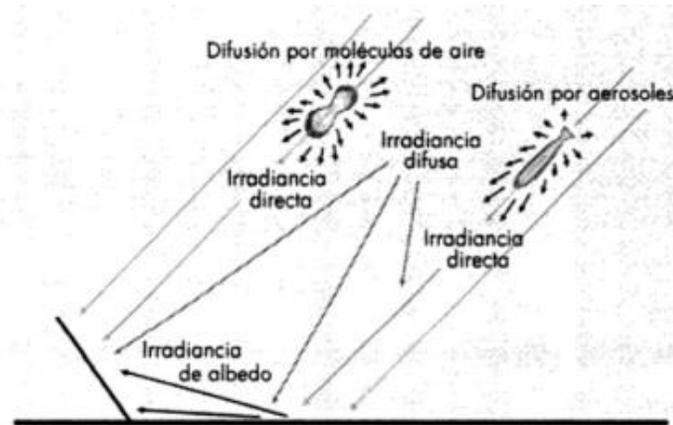


Figura 1.7 Radiación solar [Fuente: Romero Tous, M., 2009]

1.3.4.1 Radiación Directa

Es la recibida desde el Sol sin que se desvíe en su paso por la atmósfera e incide sobre un plano dado, procedente de un pequeño ángulo sólido centrado en el disco solar. En la figura 1.8 se ejemplifica y se señala este tipo de radiación.



Figura 1.8 Radiación directa

1.3.4.2 Radiación Difusa

Es la que sufre cambios en su dirección principalmente debidos a la reflexión y difusión en la atmósfera. En la figura 1.9 se señala este tipo de radiación.



Figura 1.9 Radiación difusa

1.3.4.3 Radiación Albedo (reflejada)

Es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas. El material de la superficie tiene un índice de reflexión de la luz incidente. Por ejemplo: la nieve fresca tiene un albedo de 0.8 a 0.9 y los océanos tienen un albedo de 0.07 a 0.1. En la figura 1.10 se señala este tipo de radiación.



Figura 1.10 Radiación reflejada

Aunque las tres componentes están presentes en la radiación total que recibe la tierra, la radiación directa es la mayor y más importante en las aplicaciones fotovoltaicas.

Cuando la radiación directa no puede incidir sobre una superficie debido a un obstáculo, el área en sombra también recibe radiación gracias a la radiación difusa.

Las proporciones de radiación directa, difusa y albedo que recibe una superficie dependen de:

- Condiciones meteorológicas: en un día nublado la radiación es prácticamente difusa, mientras que en uno soleado es directa.
- Inclinação de la superficie respecto al plano horizontal: una superficie horizontal recibe la máxima radiación difusa y la mínima reflejada.
- Presencia de superficies reflectantes: las superficies claras son las más reflectantes por la radiación reflejada aumenta en invierno por el efecto de la nieve.

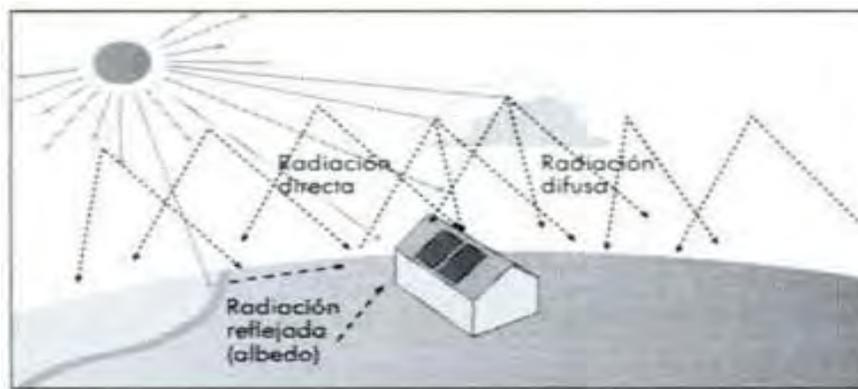


Figura 1.11 Los tres tipos de radiaciones presentes [Fuente: Romero Tous, M., 2009]

1.3.5 Irradiancia solar

La Irradiancia solar es una medida de la radiación solar que cae sobre una superficie determinada, y se mide en W/m^2 , o kW/m^2 . Cuando la energía solar llega a la atmósfera, tiene una potencia de aproximadamente $1350 W/m^2$. Sin embargo, mientras atraviesa la atmósfera, pierde potencia, y llega a la superficie de la tierra con una potencia máxima de aproximadamente $1000 W/m^2$ (Style, 2012, p.14).

En la mañana y en la tarde la Irradiancia es menor, debido a dos factores:

- 1) Los rayos de sol tienen que viajar más lejos por la atmósfera para llegar a tierra y por el camino pierden potencia (en la Figura 1.12: las distancias X son mayores que la distancia Y).

- 2) Una superficie horizontal recoge menos energía del sol cuando está bajo en el cielo

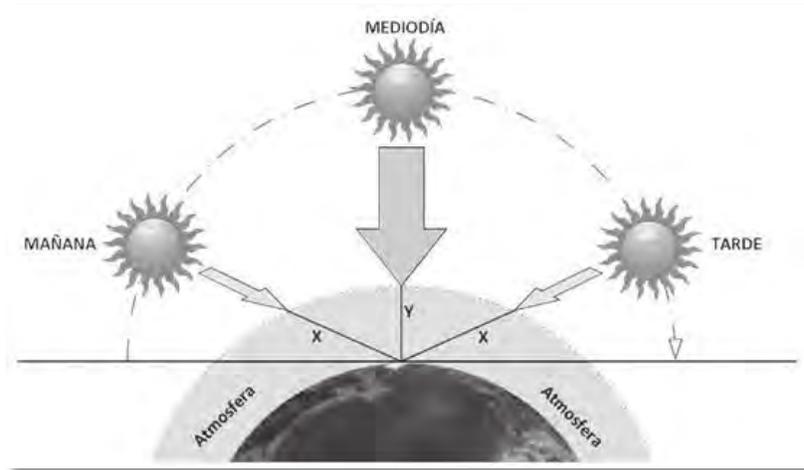


Figura 1.12 Variación en la Irradiancia solar durante el día sobre un módulo horizontal [Fuente: Style, O., 2012]

1.3.6 Irradiación solar

La radiación solar es una medida de la cantidad de energía solar que llega a una superficie determinada durante un periodo de tiempo determinado. Las unidades más frecuentes son $Wh/m^2/día$, o $kW/m^2/día$. Para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos de baja potencia, se suele referir a la irradiación solar como hora solar pico (HSP), equivalente a las horas del día en que la irradiación es $1000 W/m^2$.

1.3.7 Ángulo de incidencia

Al ángulo con el cual un rayo de sol llega a una superficie se llama ángulo de incidencia solar. Cuanto más cerca este a los 90° , mayor es la cantidad de energía solar recibida. Al mediodía la cantidad de irradiación solar que recibe el modulo en posición horizontal es mayor que en la mañana o en la tarde, debido a que el ángulo de incidencia a esta hora es 90° .

Para maximizar la captación de energía solar, lo ideal es que los módulos giren para mantener el ángulo de incidencia solar en 90° durante el día (Ver figura 1.13).

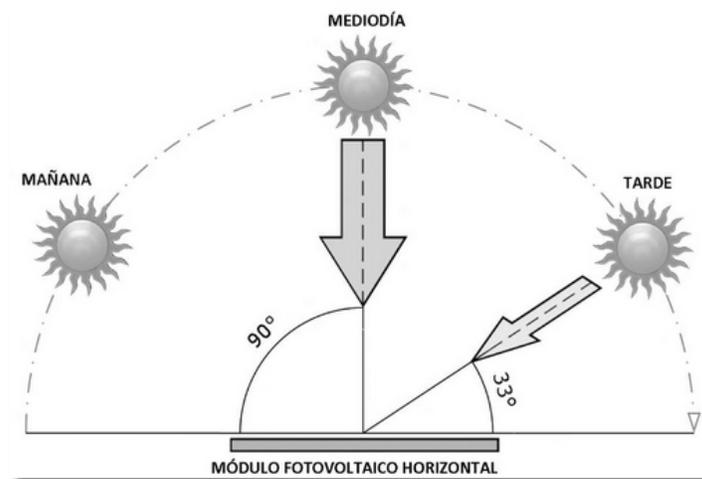


Figura 1.13 Ángulo de incidencia sobre un módulo horizontal [Fuente: Style, O., 2012]

Este fenómeno se encuentra en algunos sistemas fotovoltaicos de mayor potencia con lo que se llama un sistema de seguimiento, en donde un motor gira los módulos para seguir el sol y aumenta la cantidad de energía captada por el generador hasta en un 30%.



Figura 1.14 Sistema de seguimiento para un generador conectado a la red [Fuente: Corporativo Premier Power]

Para los SF de baja potencia ($\leq 500 \text{ Wp}^1$), los seguidores automático son apropiados ya que encarecen el sistema y aumenta los requerimientos de mantenimiento.

¹ Watt pico: Cantidad de potencia producida por una célula o módulo bajo las condiciones nominales de irradiación.

Hay sistemas de seguimiento más sencillos, a uno o dos ejes, manuales o automáticos, que aumenta el rendimiento a menor medida, pero que simplifica el mantenimiento.



Figura 1.15 Sistema de seguimiento en uno y dos ejes [Fuente: Corporativo Solar choice]

1.4 Aplicaciones de la energía solar

Si comparamos la energía solar con la energía proporcionada por los combustibles fósiles, la energía del sol es una fuente de energía renovable, más segura y menos contaminante.

Aunque actualmente la tecnología e infraestructura para el aprovechamiento de la energía solar está en proceso de desarrollo, en hogares como en industrias ya se está empezando a aprovechar esta fuente de energía para la obtención de calor y electricidad.

1.4.1 Los diversos usos de la energía solar en los hogares

La energía solar, convertida en energía eléctrica a través de los captadores solares, puede destinarse a satisfacer numerosas necesidades en un hogar. Por ejemplo, se puede obtener agua caliente para consumo doméstico, dar calefacción a nuestros hogares e incluso climatizar piscinas.

De la misma manera, la refrigeración es otra de las aplicaciones de la energía solar. Para obtener frío se debe disponer de una fuente cálida, la cual puede proveerse a través de paneles solares instalados en el techo de una casa.

Actualmente solo los calentadores de agua y estufas son algunos equipos que usan energía solar térmica pero de igual manera puede utilizarse en pequeños instrumentos como son cargadores, relojes o calculadoras.

1.4.2 Aplicaciones en el sector industrial

La energía solar puede tener aplicaciones en la industria agropecuaria, en el sector de transporte y en la minería. Por otro parte, el sector alimentario, textil y químico se pueden llegar a beneficiar con este tipo de energía.

Entre las aplicaciones más comunes de esta energía son los invernaderos solares, con las cuales se obtienen mayores y más tempranas cosechas, se utiliza en secaderos agrícolas para la reducción en gastos e impacto ambiental. También puede ser aplicada en plantas de purificación o desalinización de aguas, sin consumir ningún tipo de combustible, los sistemas de lavado y secado industrial pueden aprovechar esta fuente de energía.

Como se ha mencionado, la energía tiene amplios usos, tanto domésticos como industriales, y se están diseñando nuevas tecnologías para aprovechar al máximo su potencial. Cada vez son más personas y empresas que están haciendo uso de esta fuente de energía integrándola a sus actividades. Este panorama resulta positivo para el medio ambiente pues reduce el uso de hidrocarburos y sus negativos efectos como la destrucción de la capa de ozono y el calentamiento global. En la tabla 1.7 se muestran aplicaciones de los principales sistemas que emplean energía solar.

Sistema	Características principales	Aplicación actual
Colectores planos	<ul style="list-style-type: none"> • Bajas temperaturas obtenidas • Tecnología simple • Bajo costo • Industria en desarrollo 	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento de agua para uso doméstico y piscinas • Calefacción • Uso industrial y agrícola • Destiladores
Colectores concentradores	<ul style="list-style-type: none"> • Altas temperaturas obtenidas • Alto costo • Alta tecnología • Investigación en desarrollo 	<ul style="list-style-type: none"> • Hornos solares • Refrigeración • Plantas de fuerza
Celdas fotovoltaicas	<ul style="list-style-type: none"> • Alta tecnología • Alto costo 	<ul style="list-style-type: none"> • Satélites • Instalaciones rurales • Instalación experimentales
Helio-arquitectura	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones para calefacción y refrigeración en edificios 	<ul style="list-style-type: none"> • Arquitectura vernácula • Arquitectura solar • Instalaciones experimentales

Tabla 1.7 Aplicaciones de los sistemas que emplean energía solar [Fuente: Méndez Muñiz, J. M., 2007]

1.4.3 Ventajas

La producción de energía solar fotovoltaica cuenta con ventajas que benefician al medio ambiental, en la imagen de la empresa o industria y en el ahorro.

Ventajas medioambientales

- Proviene de una fuente inagotable, el sol.
- No contamina, no produce emisiones de CO₂ u otros gases.
- No precisa de un suministro exterior, no consume combustible, ni necesita presencia de otros recursos como el agua o el viento.

- No produce ruidos.
- La mayor producción coincide con las horas de mayor consumo.
- Los sistemas son sencillos y fáciles de instalar.
- Elevada versatilidad, los sistemas pueden instalarse en casi cualquier lugar y las instalaciones pueden ser de cualquier tamaño.
- Las instalaciones son fácilmente modulables, con lo que se puede aumentar o reducir la potencia instalada fácilmente según las necesidades.
- Las plantas apenas requieren mantenimiento y tienen un riesgo de avería muy bajo.
- Los módulos tienen una larga vida.
- Los sistemas resisten condiciones climáticas extremas: granizo, viento, frío.
- Es un sistema de aprovechamiento de energía idóneo para zonas donde el tendido eléctrico no llega o es dificultoso y costoso su traslado.
- Fomenta la creación de empleo local.
- Atrae inversores.
- Mejora su imagen al generar energía no contaminante.
- El coste de los componentes disminuye a medida que avanza la tecnología.

1.4.3.1 Ventajas económicas

En cada vez un mayor número de países (Brasil, Italia, México, etc) se está imponiendo una legislación que permite el autoconsumo, generando notables ahorros económicos para propietarios e inversores de plantas solares fotovoltaicas.

1.4.3.2 Ventajas de imagen

La generación de energía limpia es un valor añadido a la imagen individual de las personas o empresas y contribuyen a su desarrollo. Valores como

“responsabilidad”, “sostenibilidad”, “preservación del medioambiente”, “tecnología”, “compromiso”, “futuro” e “innovación” son valores positivos con los que se identifica a las marcas que promueven el uso de las energías renovables.

1.4.4 Desventajas

Al ser una energía renovable, se puede pensar que no habrá desventaja alguna y que más bien serían inconvenientes que se podrían presentar, pero se debe reconocer que la energía solar todavía presenta algunos inconvenientes, pero la mayoría de ellos, al contrario que con otras energías contaminantes, estas desventajas pueden solucionarse.

- El nivel de radiación de esta energía fluctúa de una zona a otra, y lo mismo ocurre entre una estación del año y otra, lo que puede no ser tan atractivo para el consumidor.
- Cuando se decide utilizar la energía solar para una parte importante de la población, se necesitan grandes extensiones de terreno, lo que dificulta que se escoja este tipo de energía.
- Además, otra de las desventajas, es que inicialmente requiere una fuerte inversión económica a la que muchos consumidores no están dispuestos a arriesgarse. Sin embargo, también es cierto que, a nivel familiar, este desembolso inicial en unos pocos paneles solares se suele recuperar en un plazo que ronda los 5 o 7 años. (Portal ERENOBABLE.com)
- Muchas veces se debe complementar este método de convertir energía con otros, como por ejemplo las instalaciones de agua caliente y calefacción, requieren una bomba que haga circular el fluido.
- Los paneles solares todavía no son capaces de ser o suficientemente eficientes, o al menos, podrían serlo mucho más. Cada vez hay soluciones más avanzadas en este aspecto, pero lo cierto es que para que los paneles

solares sean eficaces todavía se depende mucho de la zona donde se coloquen, es decir, están limitados a zonas con gran incidencia de los rayos solares.

- Los lugares donde hay mayor radiación, son lugares desérticos y alejados, (energía que no se aprovecha para desarrollar actividad agrícola o industrial, etc.)

1.5 Sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos son plantas generadoras de electricidad que sirven para generar energía eléctrica por medio de la radiación proveniente del sol. Están compuestos de varios elementos dependiendo del tipo de sistema, sin embargo, todos los sistemas fotovoltaicos tienen en común que requieren de módulos fotovoltaicos para convertir la radiación del sol en energía eléctrica (comúnmente conocidos como paneles solares) en la figura 1.16 se puede visualizar estos elementos.

Los módulos fotovoltaicos convierten la energía proveniente del sol en energía eléctrica del tipo Corriente Continua o DC. Cuentan con uno o varios dispositivos denominados inversores los cuales se encargan de convertir la energía proveniente de los módulos fotovoltaicos en Corriente Alterna o AC que es el tipo de energía eléctrica que utilizamos en nuestras casas, oficinas y fábricas. Este elemento se explicara más a detalle en el capítulo dos.

Como parte integral del sistema, se debe instalar un medidor de energía eléctrica del tipo bidireccional. Estos medidores tienen la capacidad de medir la energía que se utiliza de la red así como la energía que el sistema de energía renovable entrega a la red (excedentes de energía) permitiendo a la CFE realizar la facturación de la energía neta utilizada.

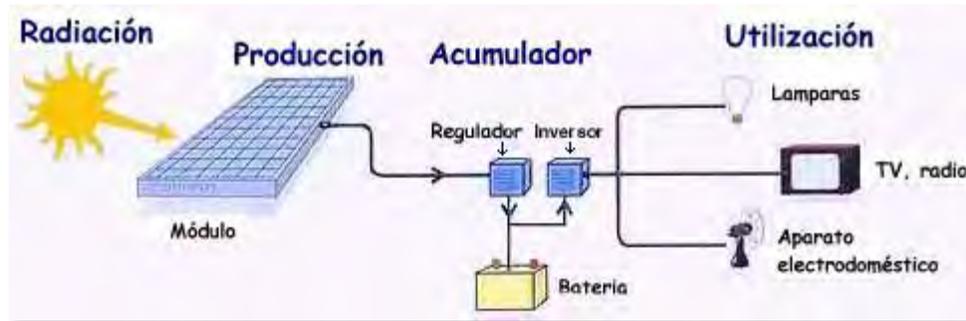


Figura 1.16 Esquema de un sistema fotovoltaico [Fuente: Madrid Vicente, A. 2009]

Los sistemas de energía eléctrica fotovoltaicos (sistemas fotovoltaicos) se clasifican en tres tipos principales:

- Sistemas Interconectados a la Red Eléctrica (GRID-TIE) (Conectados a la red nacional)
- Sistemas en Isla (OFF-GRID) (No conectados a la red nacional)
- Sistemas Híbridos

Un sistema solar fotovoltaico está conformado por los siguientes elementos (en el capítulo 2 se describirán estos elementos así como otros que lo conforman):

1) Paneles Solares Fotovoltaicos

Los paneles solares están formados por celdas fotovoltaicas, las cuales recolectan los rayos del sol y los convierten en corriente directa (DC).

2) Inversor

Recibe la corriente directa (DC) generada por los paneles solares y la convierte en corriente alterna (AC), el tipo de electricidad comúnmente utilizada.

3) Tablero Eléctrico

La corriente alterna (AC) que sale del inversor llega a un tablero eléctrico donde está lista para ser utilizada.

4) Medidor de Energía Bidireccional

Mide la energía entregada por la compañía de luz al usuario así como la energía fotovoltaica residual compensada en su estado de cuenta, de esta manera la energía residual producida por su sistema fotovoltaico se descuenta de su próximo recibo de luz.

5) Red Eléctrica

Es el sistema eléctrico de la compañía de luz. Su sistema fotovoltaico permanecerá conectado a la red eléctrica para permitir el funcionamiento de la red eléctrica cuando se requiera energía adicional a la que su sistema fotovoltaico produjo, por ejemplo durante la noche, garantizando así un suministro constante y confiable de electricidad.

6) Sistema de Monitoreo

Su sistema fotovoltaico ofrece la posibilidad de monitorear la producción diaria de energía fotovoltaica y verificar que su sistema funcione adecuadamente, así como llevar un registro del CO₂ no emitido al ambiente, en la figura 1.17 se visualizan las partes del sistema.



Figura 1.17 Ubicación de los componentes de un sistema fotovoltaico de uso doméstico [Fuente: Erenobables.com, 2016]

1.5.1 Funcionamiento

Los sistemas fotovoltaicos basan su funcionamiento en el efecto fotovoltaico para convertir la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica. Este proceso de generación de electricidad renovable no contamina, no emite gases nocivos, su mantenimiento es mínimo y no genera ruidos molestos. La tecnología fotovoltaica es totalmente confiable y su instalación en residencias e industrias es muy sencilla.

1.5.1.1 Efecto fotovoltaico

La conversión de la luz solar en electricidad a través del fenómeno físico conocido como “efecto fotovoltaico” se realiza en un dispositivo fabricado con semiconductores en donde se absorbe la luz solar y ésta es convertida en electricidad, sin ningún proceso intermedio. El Efecto Fotovoltaico se puede definir de la siguiente manera:

Cuando en un dispositivo se crea una fuerza electromotriz o una diferencia de voltaje debido a la absorción de la luz solar, se dice que se está llevando a cabo el Efecto Fotovoltaico (FV). Bajo estas condiciones, si se le conecta una carga, se producirá una corriente eléctrica que será capaz de realizar un trabajo en ella. La corriente producida es proporcional al flujo luminoso recibido en el dispositivo. En una celda solar, el efecto fotovoltaico se presenta como la generación de voltaje en sus terminales cuando está bajo iluminación. Si a las terminales de la celda solar se le conecta un aparato eléctrico, por ejemplo, una lámpara, entonces ésta se encenderá debido a la corriente eléctrica que circulará a través de ella. Esto representa la evidencia física del efecto fotovoltaico. En la figura 1.18 se representa el esquema por el cual se lleva a cabo el efecto fotovoltaico

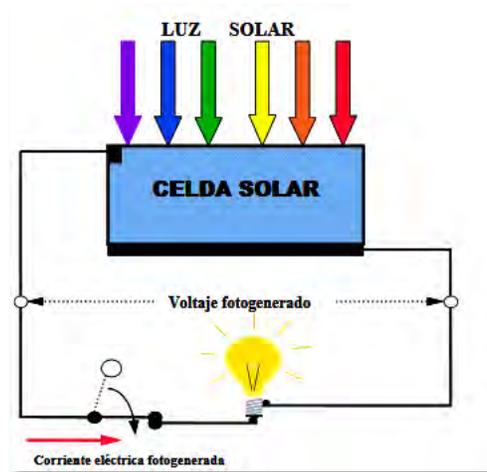


Figura 1.18 Representación física del efecto fotovoltaico en una celda solar [Fuente: ANES, 2014]

1.5.2 Características de los sistemas FV

Los módulos FV para sistemas interconectados con la red normalmente están disponibles en capacidades de 100 a 300 Wp (watts-pico) nominales. (Esta potencia corresponde a condiciones estándar de prueba: radiación solar de $1,00 \text{ W/m}^2$, temperatura de módulo de 25°C y sin viento).

Los voltajes nominales de módulos u arreglos en sistemas interconectados con la red se configuran típicamente de 90 a 600 V. Es importante mencionar que durante un día soleado típico el voltaje que se produce es muy estable. (Comisión Nacional Para el Uso Eficiente de la Energía, 2015)

La corriente que durante el día genera un módulo no es constante, ya que depende directamente del nivel de radiación solar. Es por ello que en las mañanas y tardes la producción eléctrica es baja y al mediodía alta (cercana o incluso mayor a la potencia nominal).

1.5.3 Sistemas fotovoltaicos aislados

Los sistemas aislados (OFF-GRID) son una buena opción cuando la red nacional no provee servicio en la zona, sin embargo, al tener más partes que los sistemas interconectados, estos requieren mayor inversión y mantenimiento que los sistemas conectados. Estos sistemas cuentan con paneles solares, inversores que trabajan en isla (desconectados de la red nacional), baterías para almacenar la energía, controladores de carga, sistemas de montaje (soportería para los paneles), cable especial para sistemas fotovoltaicos, conectores y accesorios de conexión. Se puede visualizar este sistema en la figura 1.19 donde se señalan las partes que lo conforman.

Estos sistemas son más caros y requieren de mayor atención por parte del usuario para prolongar su vida útil que oscila entre 15 y 20 años dependiendo del cuidado que se le dé a las baterías. Estos sistemas son viables de instalar cuando no existe suministro de electricidad en la localidad.



Figura 1.19 Sistema aislado a la red [Fuente: Portal SEENERGY MEXICO.com, 2014]

1.5.4 Sistemas fotovoltaicos conectados a la red

Los sistemas interconectados a la red eléctrica o sistemas GRID-TIE son los más económicos, sin embargo forzosamente deben estar conectados a la red eléctrica nacional para operar, pero una de las ventajas de estos sistemas es el de no requerir el uso de baterías (o acumuladores) para funcionar, lo cual los vuelve la alternativa más económica y con los requerimientos de mantenimiento más bajos de todos los sistemas.

En la mayoría de los casos, el mantenimiento requerido se limita a la limpieza de los paneles solares para eliminar la suciedad y el polvo. Un sistema típico de este tipo está compuesto de los paneles solares, inversor de corriente interactivo que funciona en paralelo con la red eléctrica, sistema de montaje (soportería para los paneles), cable especial para sistemas fotovoltaicos, conectores y accesorios de conexión.

Estos sistemas únicamente operan cuando la irradiación solar incide sobre los paneles fotovoltaicos con suficiente intensidad para que estos generen la energía eléctrica necesaria para arrancar el sistema. Es importante señalar que estos sistemas, por su diseño y características, no operan como fuentes de respaldo de energía por lo cual no pueden abastecer sus cargas cuando falla el suministro eléctrico en la red (ver figura 1.20).

Durante los periodos nocturnos y de baja recepción de irradiación solar (un día muy nublado por ejemplo), la energía eléctrica es suministrada por la red nacional, lo cual garantiza el abastecimiento continuo de energía eléctrica. Estos sistemas tienen una vida útil de por lo menos 25 años.

Los sistemas de energía solar interconectados a la red eléctrica (GRID-TIE) son la mejor alternativa cuando se cuenta con el servicio de energía eléctrica de la red nacional como sucede en la mayoría de las ciudades de nuestro país.

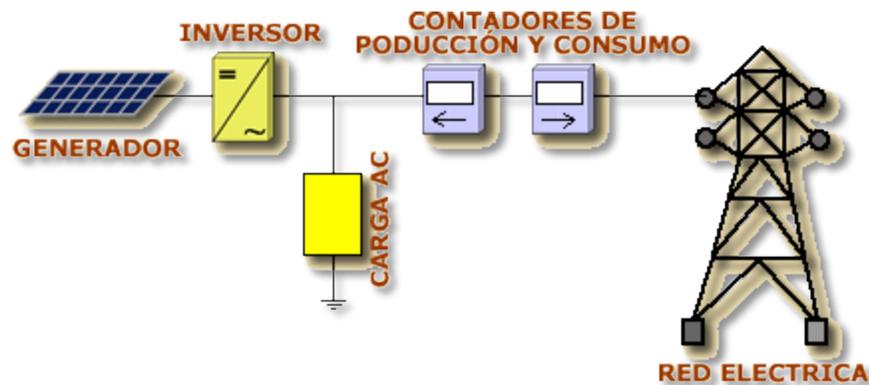


Figura 1.20 Sistema conectado a la red eléctrica [Fuente: Portal SEENERGY MEXICO.com, 2014]

1.5.5 Sistemas híbridos

Los sistemas híbridos es una combinación de los dos anteriores, de ahí su nombre. Se trata de sistemas interconectados a la red que cuentan además con un sistema de respaldo de energía con el fin de garantizar el suministro continuo del fluido eléctrico aún en caso de falla de la red. Estos sistemas, al ser más complejos, son los más costosos y el usarlo en una aplicación en particular depende de otras variables diferentes a las puramente económicas.

Los sistemas aislados y conectados a la red eléctrica son los sistemas que más se usan, una clasificación de estos sistemas así como algunas aplicaciones en los que se emplean se pueden observar en la figura 1.21.

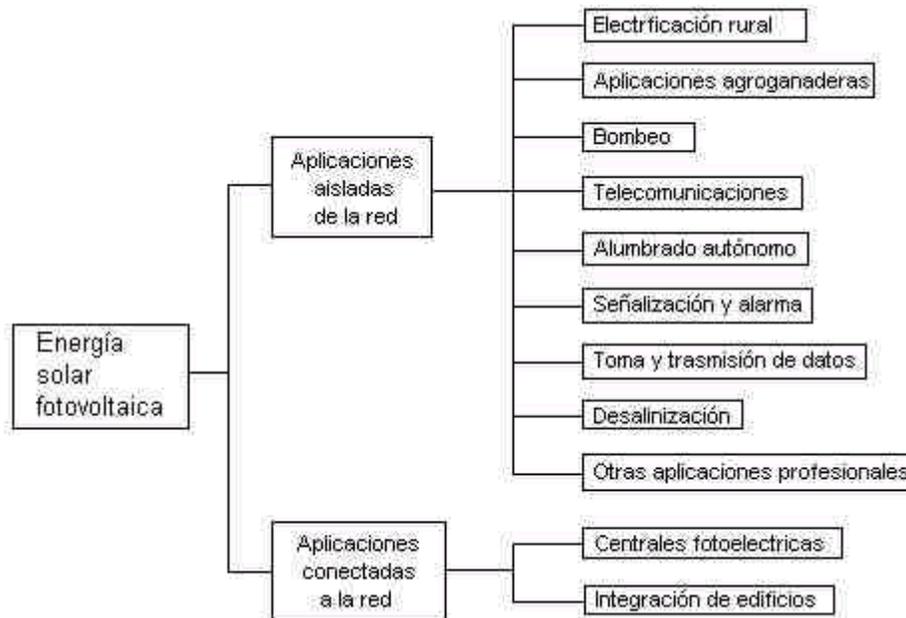


Figura 1.21 Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos [Fuente: Portal SEENERGY MEXICO.com, 2014]

1.6 Celdas fotovoltaicas

Las celdas solares fotovoltaicas son dispositivos que transforman la luz solar en electricidad. Estas celdas están elaboradas de delgadas capas de material semiconductor usualmente de silicio, que van unidas a contactos de metal logrando así un circuito eléctrico encapsulado en vidrios o plástico.

Las celdas FV individuales tienen una producción eléctrica limitada, es por eso que pueden ser utilizadas en equipos o aparatos pequeños como son juguetes, relojes y las calculadoras de bolsillo. Si se desea aumentar la salida de voltaje y amperaje de una fuente FV, las celdas individuales se unen eléctricamente en diferentes formas como son módulos, paneles y arreglos fotovoltaicos (ver figura 1.22):

- 1) Módulo FV, es el conjunto básico de celdas FV donde se puede incluir menos de una docena hasta cerca de 100 celdas.
- 2) Panel FV, es un conjunto de módulos fotovoltaicos

3) Arreglo (conjunto) FV, es la combinación de paneles en arreglos en serie y/o en paralelo.

La forma más popular de arreglo FV está hecha de paneles planos y puede responder a la luz difusa de todo el cielo (esto es, puede producir electricidad aun en días nublados). Los paneles FV planos pueden estar fijos en un soporte o moverse para seguir la trayectoria del sol.

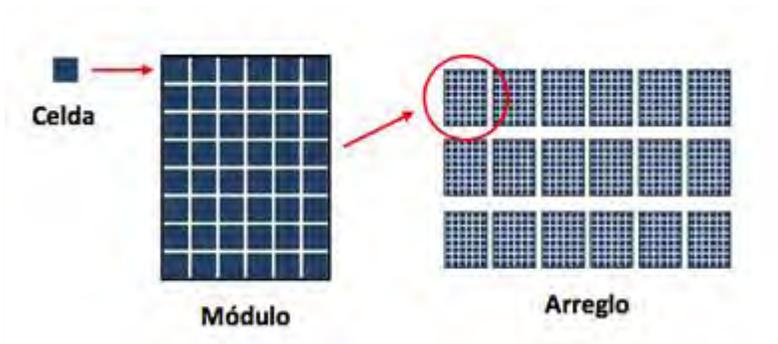


Figura 1.22 Celdas, módulos y arreglo fotovoltaico [Fuente: Portal SEENERGY MEXICO.com, 2014]

Las celdas fotovoltaicas son hechas principalmente de un grupo de minerales semiconductores, de los cuales el silicio, es el más usado. El silicio se encuentra abundantemente en todo el mundo porque es un componente mineral de la arena. Sin embargo, tiene que ser de alta pureza para lograr el efecto fotovoltaico, lo cual encarece el proceso de la producción de las celdas fotovoltaicas.

Una celda fotovoltaica tiene un tamaño de 10 por 10 centímetros y produce alrededor de un watt a plena luz del día. Normalmente las celdas fotovoltaicas son color azul oscuro. La mayoría de los paneles fotovoltaicos consta de 36 celdas fotovoltaicas.

1.6.1 Tipos de celdas fotovoltaicas

Existen varias clases de celdas fotovoltaicas: de silicio cristalino (mono cristalino o policristalino, de película delgada, para alta concentración y de materiales orgánicos. Las celdas fotovoltaicas se integran en módulos, que pueden ser planos,

de marco rígido, de laminados flexibles, o bien de formas especiales o elementos constructivos translucidos.

1.6.1.1 Módulos de silicio monocristalino

Son los más utilizados debido a su gran confiabilidad y duración, aunque su precio es ligeramente mayor que los otros tipos. Constan de obleas circulares o cuadradas con esquinas recortadas y tonalidades de azul oscuro a negro (figura 1.23).

1.6.1.2 Módulos de silicio policristalino

Son ligeramente más baratos que los módulos de silicio monocristalino, aunque su eficiencia es menor. Poseen celdas cuadradas con apariencia moteada en azul; este aspecto se debe a las múltiples orientaciones de los granos de cristal. (Figura 1.23)



Figura 1.23 Módulos de silicio [Fuente: Portal SEENERGY MEXICO.com, 2014]

1.6.1.3 Módulo de película delgada

La tecnología FV de película delgada consiste en celdas depositadas en sustratos rígidos de metal o vidrio, o en láminas ligeras y flexibles de plástico vidriado. El material activo incluye compuestos como silicio amorfo, telururo de cadmio o diseleniuro de cobre, indio y galio, ver figura 1.24.

1.6.1.4 Módulos de silicio amorfo y telururo de cadmio

Tiene menor eficiencia que las anteriores, pero un precio mucho menor. Además son delgados y ligeros, hechos en forma flexible, por lo que se pueden instalar como parte integral de un techo o pared



Figura 1.24 Módulos de película delgada [Fuente: Portal SEENERGY MEXICO.com, 2014]

Dentro de las comparaciones que puede presentarse entre cada tipo de modulo para saber cuál es la más conveniente en el sistema, en la tabla 1.8 se hace una comparación entre tipo de celdas en los siguientes elementos:

Atributos de la tecnología FV	Silicio policristalino	Película delgada
Mayor eficiencia	X	
Mayor capacidad de generación por áreas iguales	X	
Menor requerimiento de área de arreglo	X	
Mayor producción eléctrica al año kW Instalado		X
Mayor confiabilidad y estabilidad	X	
Mejor desempeño con clima cálido y con nublados		X
Mejor desempeño en clima frío	X	
Menor afectación del desempeño por sombreados		X
Mayor versatilidad de integración arquitectónica		X

Tabla 1.8 Comparación entre módulos fotovoltaicos [Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctricas, (IIE)]

tienen mayor irradiación solar (ver figura 1.26). México es el país que ofrece el mayor atractivo de inversión en América Latina.

México es uno de los países con mayor incidencia solar en el mundo (5 kWh/m²-d), debido a su ubicación geográfica lo cual puede ser aprovechado para generar energía eléctrica con Sistemas Fotovoltaicos (SFV). A pesar de la existencia de este abundante recurso solar en México y del gran dinamismo del avance tecnológico de los equipos fotovoltaicos, el aprovechamiento del recurso solar en México es todavía incipiente, especialmente a través del uso de sistemas fotovoltaicos, pero recientemente se ha observado que la mayor parte de la nueva capacidad instalada en México corresponde a sistemas fotovoltaicos interconectados a la red eléctrica.

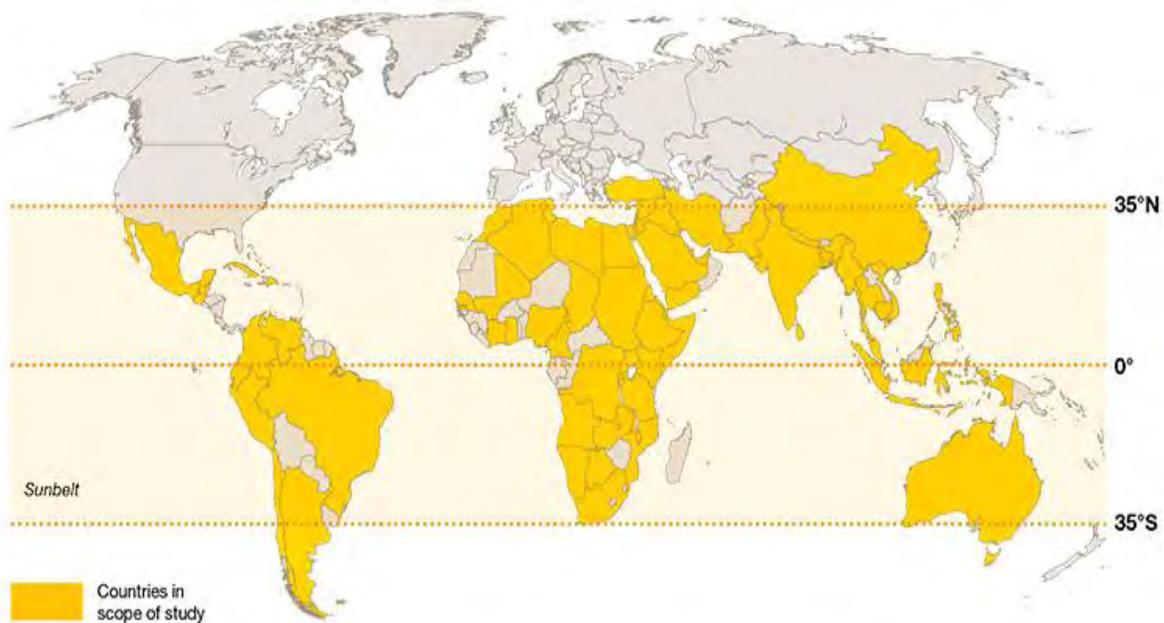


Figura 1.26 Ubicación del cinturón solar [Fuente: Corporativo Aura Solar]

1.7.1 Estados con oportunidad en México

En ciertas zonas desérticas como las de Baja California, Sonora, Chihuahua, Durango, Zacatecas e Hidalgo, la radiación solar es muy superior y podría generar alrededor de 2,400 kWh por metro cuadrado al año.

La radiación solar que recibe el estado de Sonora es una de las más altas a nivel mundial, ya que es similar a la que se registra en el desierto de Sahara en el norte de África, en el desierto de Atacama en Chile, o bien en Sudáfrica y en Australia. Si se aprovechara la radiación solar que recibe el estado de Sonora, se obtendrían alrededor de 430,520 gigavatios hora (GWh) al año, energía suficiente para atender la demanda eléctrica del país, que asciende a 234,219 GWh al año, de acuerdo con cifras del estudio Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027, realizado por la Secretaría de Energía. [Fuente: renewables academy, ProMéxico, ANES, Conacyt.]

Permisos otorgados por CRE para plantas FV > 1 MW

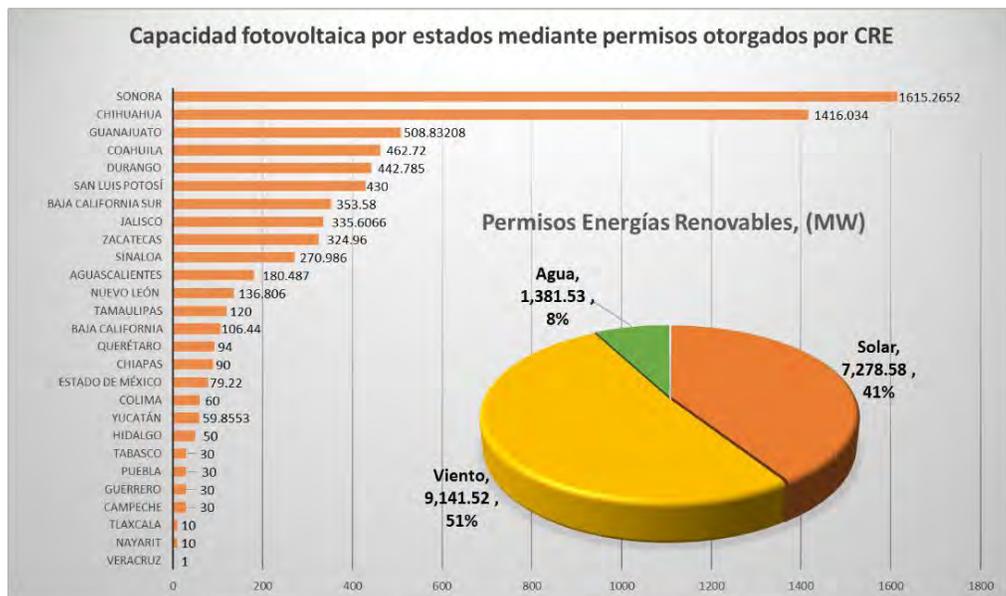


Figura 1.27 Permisos Otorgados para plantas FV en México [Fuente: Comisión Reguladora de Energía, 2015]

1.8 Marco Legal

1.8.1 Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE)²

A finales del año 2008, se aprobó la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) (DOF, 2008), otorgando nuevas facultades a la Comisión Reguladora de Energía (CRE) relacionadas con el desarrollo de metodologías, cálculo de contraprestaciones y otras disposiciones aplicables al aprovechamiento de ER (Energías Renovables).

1.8.2 Ley de transición Energética³

Con la entrada en vigor de La Ley de Transición Energética publicada en diciembre de 2015 se establece la inclusión de un artículo transitorio, Vigésimo Segundo para establecer mecanismos de flexibilidad al cumplimiento de las metas de energías limpias y eficiencia energética. Esto es, en los primeros cuatro años de vigencia de los Certificados de Energías Limpias (CELs) se aumenta el porcentaje establecido en el punto 25[iii] de los “Lineamientos que establecen los criterios para el otorgamiento de Certificados de Energías Limpias y los requisitos para su adquisición” quedando en 50%. Ello, siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

Que durante el año de aplicación de la obligación (2018), la Comisión Reguladora de Energía (CRE) determine que el número total de CELs registrados no cubra menos del 70% del total de la obligación de energía limpia.

Así mismo establece que la Secretaría de Energía fijará como meta una participación mínima de energías limpias en la generación de energía eléctrica del 25 por ciento para el año 2018, del 30 por ciento para 2021 y del 35 por ciento para 2024;

² <http://www.cre.gob.mx/documento/1570.pdf>

³ <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>

1.8.2.1 Certificados de Energías Limpias (CELs)⁴

La Secretaría de Energía, por conducto de la Dirección General de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica, con fundamento en los artículos 33, fracciones V, XXIX y XXXI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 11, fracción IX, 124 y 126, fracción I de la Ley de la Industria Eléctrica; 14, fracción XII, del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, y 21, y en la Disposición Transitoria Segunda de los Lineamientos que establecen los Criterios para el Otorgamiento de Certificados de Energías Limpias y los Requisitos para su Adquisición, y considerando que el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, en la Meta Nacional "México Próspero", plantea como objetivo abastecer de energía al país con precios competitivos, calidad y eficiencia a lo largo de la cadena productiva, para fortalecer el abastecimiento racional de energía eléctrica, así como el aprovechamiento de fuentes renovables mediante la adopción de nuevas tecnologías y de las mejores prácticas internacionales en la materia y que los Certificados de Energías Limpias son un instrumento para promover nuevas inversiones en energías limpias (como lo son los sistemas fotovoltaicos) y permiten transformar en obligaciones individuales las metas nacionales de generación limpia de electricidad, de forma eficaz y al menor costo para el país y que el requisito de Certificados de Energías Limpias para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2018, calculado de conformidad con los numerales 17, 18, 19 y 20 de los Lineamientos que establecen los Criterios para el Otorgamiento de Certificados de Energías Limpias.

La Secretaría de Energía (SENER) presentó el 31 de Marzo de 2015 el requerimiento para la adquisición de Certificado de Energías Limpias (CELs) en 2018 dando a conocer que el requerimiento de los CELs correspondientes al periodo de 2018, será el 5% del consumo total de energía eléctrica proveniente de energías limpias lo cual representa una generación obligada de 14.72 TWh.

⁴ http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5431515&fecha=31/03/2016&print=true

CAPÍTULO 2: INSTALACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

2.1 Componentes de un sistema fotovoltaicos

En el apartado anterior se mencionaron algunos componentes dentro de un sistema fotovoltaico, en este capítulo se explicara un poco más a detalle sus características. Así como los componentes en la instalación, el mantenimiento y un análisis económico de un sistema fotovoltaico (SFV) para su adquisición.

2.1.1 Generador fotovoltaico

Un conjunto de módulos o paneles conectados eléctricamente en serie, forman lo que se denomina “ramal”. Más ramales conectados en paralelo, para obtener la potencia deseada, constituyen el generador fotovoltaico. Así el sistema eléctrico puede proporcionar las características de tensión y de potencia necesaria para las diferentes aplicaciones.

Los paneles fotovoltaicos que forman el generador, están montados sobre una estructura mecánica, capaz de sujetarlos, orientada para optimizar las radiación solar. Esta estructura de apoyo puede ser fija o móvil, de manera que busque con su movimiento incrementar la irradiación sobre el conjunto de paneles.

La cantidad de energía producida por un generador fotovoltaico varía en función de la insolación y de la latitud del lugar. Además si la estructura es móvil la energía generada podrá incrementarse sensiblemente.

La producción de energía fotovoltaica, al depender de la luz de sol, no es constante, sino que está condicionada por la alternancia del día y de la noche por los ciclos de las estaciones y por la variación de las condiciones meteorológicas. Además, el generador fotovoltaico proporciona corriente eléctrica continua y este es un factor a

tener en cuenta si lo que se pretende es suministrar electricidad a aparatos que consumen en corriente alterna o conectar la instalación fotovoltaica a la red de distribución.



Figura 2.1 Generador fotovoltaico formado por 16 paneles [Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctrica, (IIE)]

Es decir, que para cada aplicación, el generador tendrá que ser dimensionado teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Carga eléctrica demandada
- Potencia de pico
- Posibilidad de conexión a la red eléctrica
- Latitud del lugar y radiación solar media anual del mismo
- Características arquitectónicas específicas del edificio o terreno
- Características eléctricas específicas de la carga

2.1.2 Las estructuras soporte

La estructura soporte será la encargada de mantener a los módulos en la intemperie.

El diseño de la estructura se realizara para la orientación y el ángulo de la inclinación especificado para el generador fotovoltaico y teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustitución de elementos. Por ello en un diseño se debe garantizar que:

Los módulos se encuentran de modo óptimo de cara a maximizar la generación de energía eléctrica a lo largo de todo el año, en lo que se refiere a orientación, inclinación y ausencia de sombras, en el caso de estructuras fijas.

Los módulos se soportan sobre un elemento móvil de manera que se_ momento se sitúan en la posición óptima para que la irradiación recibida sea máxima, en el caso de estructuras móviles, en las figuras 2.3 y 2.4 se puede visualizar estas estructuras.

Estructura fija: Pueden optarse por ubicar los paneles en una estructura fija, con una orientación e inclinación óptima, la orientación ideal es Sur.

Debido al cambio de posición del sol durante el año, la inclinación ideal de los colectores varía en función de la latitud en el cual nos encontremos. Normalmente se utilizan 30° sur en fotovoltaica, pero la inclinación puede variar en función de la aplicación, criterio de uso e integración arquitectónica, en $\pm 10^\circ$.

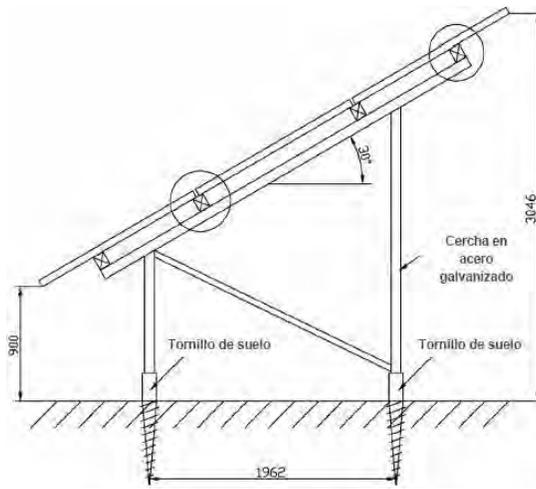


Figura 2.2 Estructura fija [Fuente: Fernández Salgado, J. M. 2010]

Estructura con seguimiento solar (móvil): Para aumentar la producción eléctrica del sistema se puede dotar al panel fotovoltaico de movimiento, de modo que siga la trayectoria del sol desde el amanecer hasta el atardecer.

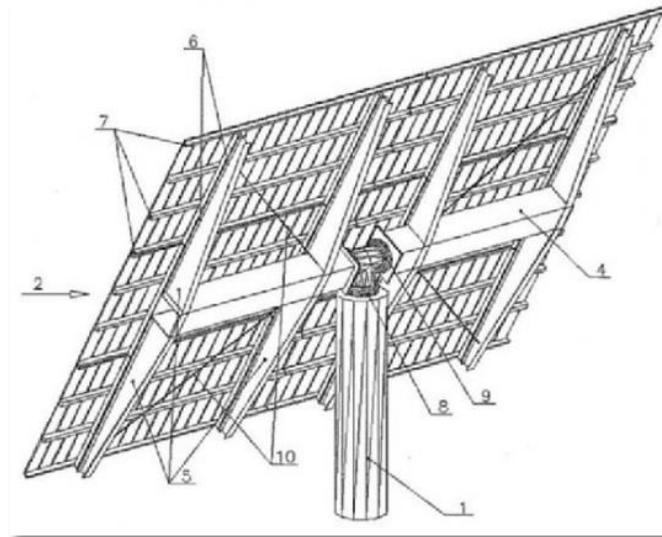


Figura 2.3 Estructura móvil con seguimiento al sol [Fuente: Fernández Salgado, J. M. 2010]

2.1.3 Los cables de conexión

El cable de conexión representa el componente indispensable para el transporte de la energía eléctrica entre los diferentes bloques que integran un sistema fotovoltaico.

Resulta inevitable que parte de esta energía se pierda en forma de calor, ya que la resistencia eléctrica de un conductor nunca es nula. El material más indicado para la fabricación de un cable conductor representa un compromiso entre un bajo valor de resistividad y el costo del mismo.

El cobre ofrece hoy en día la mejor solución, a no ser que sea necesario minimizar las pérdidas en conducciones en la que circula una intensidad de corriente muy alto, caso en el que se podrá optar por el aluminio, metal que si bien tiene una conductividad eléctrica del orden del 60% de la del cobre es, sin embargo, un material mucho más ligero, lo que favorece su empleo en líneas de transmisión de energía eléctrica.

La resistencia eléctrica de un material está dada por la expresión:

$$r = \frac{\rho * L}{A} \quad (5)$$

Donde r representa el valor de la resistividad lineal ($W \cdot m$), L es la longitud del conductor (m), y A es el área de la sección del mismo (m^2). El valor de r depende de dos variables: el material conductor y la temperatura de trabajo que este alcanza.

Concretamente, en el caso de los sistemas fotovoltaicos, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte de corriente continua deberían tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior de 1.5% y los de la parte de corriente alterna para que la caída de tensión sea inferior del 0.5% teniendo en cuenta en ambos casos como referencia las correspondientes a cajas de conexiones.

2.1.4 El inversor

En el capítulo anterior se mencionó este elemento esencial en el sistema fotovoltaico, los inversores tienen la función de monitorear continuamente las condiciones a las cuales se encuentran generando los módulos solares con el fin de mantener la más alta eficiencia de conversión posible (de DC a AC). Una de sus principales funciones es la de sincronizar la energía generada localmente en el inversor con la energía proveniente del sistema eléctrico nacional (SEN). Estos equipos cuentan con las protecciones necesarias para operar de manera óptima con la red eléctrica y cumplen con las especificaciones de la CFE para este tipo de equipos. A continuación se explicara cómo es su funcionamiento.

2.1.4.1 Necesidad del inversor

Un inversor, por definición, transforma la potencia de CD en potencia de CA. Realiza la operación inversa de un rectificador, el cual convierte la potencia de CA en potencia de CD. En un sistema fotovoltaico con conexiones a la red eléctrica, la potencia en corriente continua (DC) generada por el equipo fotovoltaico debe convertirse a corriente alterna (AC) para poder ser inyectada en la red eléctrica. Este requisito hace imprescindible la utilización de un inversor que convierta

corriente continua en corriente alterna, para conseguir un flujo de energía como el que se muestra en la figura 2.4:

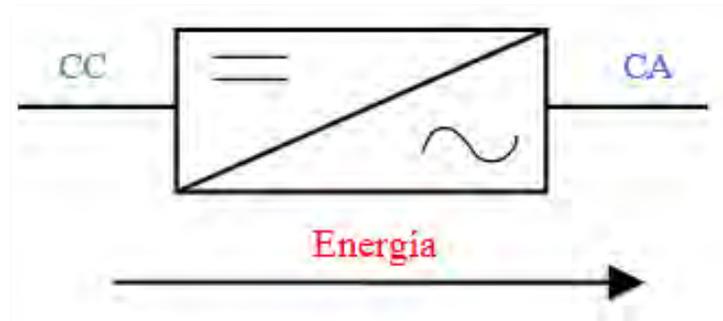


Figura 2.4 Flujo de corriente en el inversor [Fuente: Fernández Salgado, J. M. 2010]

Los inversores conectados directamente al módulo fotovoltaico deberán disponer de un buscador del punto de máxima potencia que continuamente ajusta la impedancia de carga para que el inversor pueda extraer la máxima potencia del sistema. Los inversores utilizados en sistemas fotovoltaicos serán del tipo conexión a la red eléctrica con una potencia de entrada variable para que sea capaz de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar lo largo del día.

2.1.4.2 Tipos de inversores

Existen dos grandes grupos de inversores: los autoconmutados y los conmutados en línea (esta clasificación se muestra en la figura 2.5)

Los inversores conmutados de línea usan interruptores basados en tiristores, que son dispositivos electrónicos de potencia que pueden controlar el tiempo de activación de la conducción, pero no el tiempo de parada. Para detener la conducción precisan de una fuente o circuito adicional que reduzca hasta cero la corriente que lo atraviesa.

Los inversores de autoconmutados usan dispositivos de conmutación que controlan libremente los estados de conducción y no conducción del interruptor, como son los transmisores IGBT y MOSFET.

Los primeros inversores comercializados para aplicaciones solares fotovoltaicas de conexión a la red eran inversores conmutados de línea.

Posteriormente se usaron los inversores autoconmutados, que usaban modulación de ancho de pulso (PWM) e incluían transformadores de línea o de alta frecuencia. Este tipo de inversores puede controlar libremente la forma de onda de la tensión y corriente en la parte de alterna, permiten ajustar el factor de potencia y reducir la corriente armónica, y son muy resistentes a las distorsiones procedentes de la red. Gracias a todas estas ventajas, la gran mayoría de inversores usados actualmente en aplicaciones con fuentes de energía distribuida, como la fotovoltaica, son inversores autoconmutados. Los inversores autoconmutados se dividen en inversores en fuente de corriente (CSI) y en inversores en fuente de tensión (VSI). Los inversores CSI disponen de una fuente de corriente aproximadamente constante en la entrada de continua, mientras que en los inversores VSI la fuente de entrada constante es de tensión. En el caso de sistemas fotovoltaicos, la salida en corriente continua del equipo solar es la fuente de tensión del inversor, por lo que los inversores empleados en estas aplicaciones son VSI.

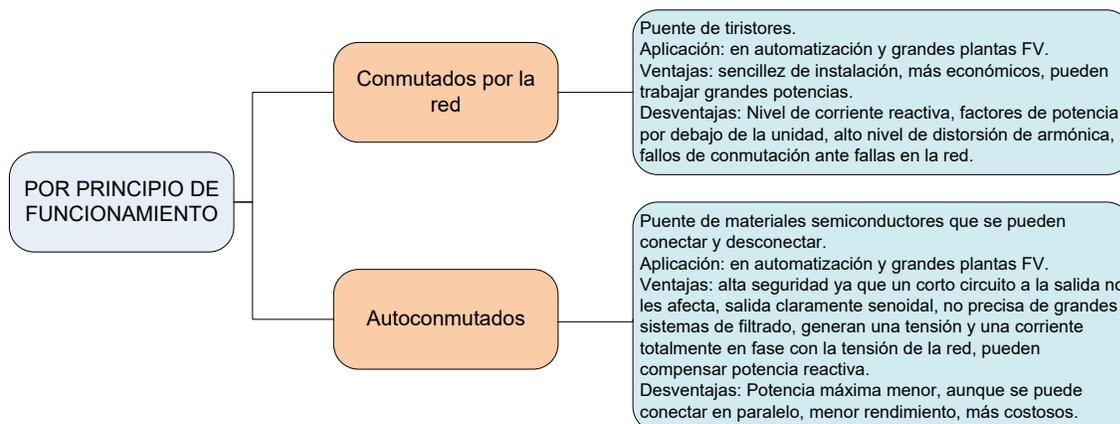


Figura 2.5 Clasificación de inversores por su funcionamiento [Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctrica, (IIE)]

2.1.5 Baterías

Las baterías o acumuladores eléctricos son elementos de diversa composición que tienen la posibilidad de cargarse de electricidad, para después suministrarla al circuito cuando así se requieran los receptores.

Las baterías son pilas reversibles, es decir, que se pueden cargar y una vez descargadas, volverse a cargar, así, durante un tiempo prolongado.

Las baterías son un elemento básico en muchas instalaciones en las que la generación de electricidad se hace a partir de un generador fotovoltaico.

2.1.5.1 Reseña Histórica

El 20 de diciembre de 1800, Alejandro Volta presento en la Royal London Society su invento de un generador estático (pila) con la que se obtenía corriente continua (DC).

En 1803, Johan Wilhelmin Ritter construyó el primer acumulador eléctrico que no tuvo éxito industrial.

En 1860, Gastón Plante construyo el primer acumulador de plomo ácido, que tampoco tuvo éxito. En 1879 presento otro acumulador con resultado satisfactorio y que fue industrializado y aplicado.

En 1900, Thomas Alva Edison presento un acumulador con electrodos de hierro y níquel y electrolito de potasa caustica (KOH) y que se comercializo a partir de 1908 y que son la base de las baterías o pilas alcalina que pueden ser o no recargables.

También en 1900, los suecos Junger y Berg presentaron el acumulador Ni-Cd que empleaban cadmio en lugar de hierro.

En la actualidad, existen diversos sistemas de acumulación que habrá que elegir en función del tipo y características de las baterías y de la instalación de que se trate.

2.1.5.2 Conceptos esenciales

Las baterías se cargan solamente con corriente continua y suministran corriente continua. Los valores nominales de tensión son 2 y 12 V.

Capacidad de carga: Cantidad de energía en amperios-horas (Ah) que pueden suministrar la batería en una determinada condiciones de trabajo.

-La capacidad de carga está influenciada por la temperatura: si la temperatura es inferior a la que se indica en la batería, la capacidad disminuye. Si la temperatura es superior, la capacidad puede aumentar pero se reducen los ciclos de vida o de descarga de la batería.

-Profundidad de descarga: porcentaje en que se descarga una batería durante el proceso de descarga. La descarga puede ser superficial cuando no supera el 20% y profunda, cuando llega al 80%.

Descarga superficial: entre 10 a 15% de descarga media, pudiendo llegar hasta 50%.

Descarga profunda: entre 20 y 25% de descarga media, pudiendo llegar hasta 80%.

2.1.5.3 Vida útil de una batería

La vida útil de una batería depende de los procesos de descarga. Cuanto menos profunda sean, más larga será su vida. Generalmente, la vida útil de una batería de ciclo profundo es entre 3 y 5 años, pero esto depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que fue sometida. La vida útil de una batería llega a su fin cuando esta "muere súbitamente" debido a un cortocircuito entre placas o bien cuando ésta pierde su capacidad de almacenar energía debido a la pérdida de material activo de las placas.

-Tiempo de descarga: si el tiempo de carga es corto, disminuye la capacidad de la batería (carga). Si el tiempo de carga es largo, aumenta la capacidad de la batería (carga).

La finalidad de las baterías es almacenar energía para cederla después a la instalación cuando la precise y no haya posibilidad de generarla, porque el Sol se ha ocultado y no hay luz. La posibilidad de almacenar la energía permite realizar instalaciones de menor potencia, y por tanto, de menor costo de inversión inicial.

La energía generada por los paneles fotovoltaicos pueden emplearse de forma inmediata, o acumularse (almacenarse) en elementos electroquímicos a los que se denominan baterías.

2.1.5.4 Importancia en una instalación fotovoltaica

Un equipo de baterías bien calculado y dimensionado, permitirá:

- a) Aprovechar todo el tiempo de la luz natural del Sol para generar energía por parte de los módulos (presencia de luz), independientemente de si hay o no consumo de energía.
- b) Disponer de energía eléctrica cuando no hay generación de la misma porque falta la fuente de emisión (luz del Sol).
- c) Instalar equipos fotovoltaicos y de acumulación que suministren la energía necesaria para utilización prevista, para de esta forma, no sobredimensionar las instalaciones y los aparatos y reducir costos de proyecto inicial.

En muchas instalaciones fotovoltaicas, las baterías o equipos de acumulación, son fundamentales en el funcionamiento y aplicación de este sistema de generación eléctrica.

2.1.5.5 Tipos de Baterías

En los sistemas fotovoltaicos las baterías o acumuladores fotovoltaicos se utilizan principalmente como sistema de almacenamiento energético, debido al desplazamiento temporal que puede existir entre los periodos de generación (durante el día) y los periodos de consumo (durante la noche), permitiendo la operación de las cargas cuando el generador FV por sí mismo no puede generar la potencia suficiente para abastecer el consumo.

También se pueden utilizar para otros cometidos tales como estabilizadores de voltaje o corriente y para suministrar picos de corriente (en el arranque de motores). Las baterías se utilizan habitualmente en la mayor parte de los sistemas FV autónomos (aunque hay excepciones, tales como los sistemas de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica) y en general no se utilizan en sistemas conectados a la red eléctrica.

Habitualmente se suelen utilizar dos tipos de baterías para aplicaciones fotovoltaicas: Plomo-ácido y Níquel-Cadmio. Debido a motivos de coste es más habitual la utilización de baterías de plomo-ácido aunque las de Níquel-Cadmio se utilizan en ocasiones en aplicaciones profesionales en las que el coste no es un parámetro definitivo. Las baterías de Níquel-Cadmio presentan ventajas respecto de las de Plomo-ácido como son la posibilidad de sufrir descargas profundas o permanecer largos periodos en baja carga sin sufrir deterioro. También cabe destacar una menor autodescarga y un menor mantenimiento.

En la figura 2.6 se puede apreciar los diferentes tipos de modelos de baterías que se emplean los sistemas fotovoltaicos.



Figura 2.6 Baterías para uso en sistemas fotovoltaicos [Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctrica, (IIE)]

2.1.5.6 Baterías de Plomo-ácido

La gran mayoría de las baterías del mercado son de Plomo-ácido (Pb-a), las cuales se adaptan bien a la operación en sistemas FV siempre y cuando se pueda realizar un mantenimiento adecuado. Se pueden encontrar baterías de Plomo-Calcio (Pb-Ca) y Plomo-Antimonio (Pb-Sb). Las primeras necesitan menor mantenimiento y tienen menor autodescarga, mientras que las segundas se deterioran menos en el ciclado diario y presentan mejores prestaciones para niveles bajos de carga.

Las baterías de Pb-a se pueden clasificar en:

2.1.5.7 Baterías de arranque

Estas baterías guardan energía de modo que las fuentes de la corriente eléctrica las recarguen por medio de los alternadores, paneles solares, molinos de viento, etc. utilizadas primordialmente en el sector de arranque para la automoción, proporcionando elevadas corrientes en cortos periodos de tiempo.

2.1.5.8 Baterías de tracción

Diseñadas para ciclados muy profundos, utilizadas primordialmente en vehículos eléctricos. Estas baterías tienen un número menor de placas pero más gruesas y

construidas para una mayor durabilidad. Se utilizan rejillas con alto contenido en plomo-antimonio para mejorar el ciclado profundo.

2.1.5.9 Baterías estacionarias

Utilizadas comúnmente en los sistemas de alimentación ininterrumpida (para sistemas de ordenadores o telecomunicaciones). Están diseñadas para la operación muy esporádica y raramente se descargan. Normalmente están en un continuo estado de carga de flotación.

2.1.5.10 Baterías de Pb-antimonio

Utilizan antimonio como elemento principal en la aleación con plomo en las rejillas. El uso de antimonio proporciona una mayor fortaleza mecánica a las rejillas y altos regímenes de descarga con muy buena profundidad de ciclado. También limitan la pérdida de material activo y tienen un mayor tiempo de vida que las baterías de Pb-calcio cuando operan a altas temperaturas.

Por otro lado tienen un elevado auto descarga y requieren una frecuente adición de agua. La mayoría son de tipo abierto con tapones recombinantes para disminuir el mantenimiento.

2.1.5.11 Baterías de Pb-calcio

Utilizan calcio como elemento en la aleación de las rejillas. Poseen baja autodescarga y menor gaseo (menor mantenimiento) que las de Pb antimonio. No obstante tienen peor aceptación de la carga después de descargas profundas y menor tiempo de vida bajo descargas repetitivas mayores del 25%. En general no toleran bien la sobrecarga, las descargas muy profundas y la operación a elevadas temperaturas. Pueden ser de dos tipos: abiertas o selladas (también denominadas “sin mantenimiento” en el sentido de que no necesitan que se les añada agua, pero a la vez están limitadas por que si se les añade agua se reduce su tiempo de vida).

Las selladas incorporan la cantidad suficiente de electrolito para su tiempo de vida. [Fuente: Escuela de Organización Industrial, Energía Solar Fotovoltaica, pag.14.]

2.1.5.12 Baterías de Níquel-cadmio

Las principales características de las baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd) son su larga vida, bajo mantenimiento, no le afectan las sobrecargas excesivas, y los voltajes de regulación no son parámetros críticos. Sin embargo el precio de estas baterías es muy superior a las de plomo-ácido.

En una célula de una batería típica de Ni-Cd los electrodos positivos están hechos de hidróxido de níquel Ni(OH) y los electrodos negativos de cadmio (Cd), ambos inmersos en una solución de hidróxido potásico (KOH). En el proceso de descarga el hidróxido de níquel cambia a Ni(OH)_2 y el cadmio se transforma en hidróxido de cadmio Cd(OH)_2 . La concentración del electrolito no cambia durante la reacción.

2.1.5.13 Otro tipo de baterías

Existen otros tipos de baterías, como las de Níquel-Hierro (Ni-Fe), Níquel-Zinc (Ni Zn), Zinc-Cloro (Zn-Cl_2) o Ión- Litio (i-Li), que no presentan en la actualidad característica apropiadas para su utilización en sistemas fotovoltaicos.

2.1.5.14 Conexión de baterías

Las baterías suelen estar formadas por elementos de dos voltios que conectados en serie proporcionan tensiones de trabajo de 12 V, 24 V, 48 V, etc. La capacidad (Ah) de un grupo de baterías conectadas en es igual a la capacidad de cada uno de los elementos que lo componen. Si se conectan baterías en paralelo se suma la capacidad de sus elementos. La capacidad necesaria de las baterías en un sistema FV se calcula en función a los consumos y al número de días de autonomía del sistema. Por otro lado es importante que el dimensionado del acumulador con relación al generador FV esté bien realizado. Un exceso de capacidad de

almacenamiento respecto de la capacidad de generación del generador FV daría lugar a la batería tendría dificultades en poder cargarse completamente. Por el contrario, una baja capacidad de batería da lugar a poca autonomía y se corre el riesgo de quedarse sin suministro de energía en caso de ausencia de radiación solar.

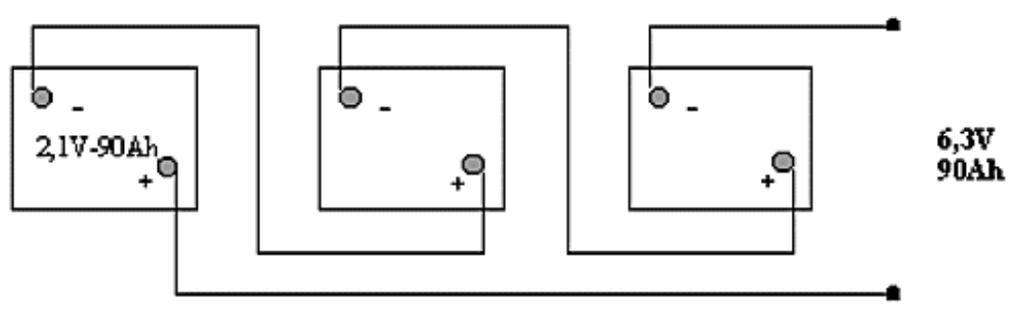


Figura 2.7 Baterías (o acumuladores) conectados en serie [Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctrica, (IIE)]

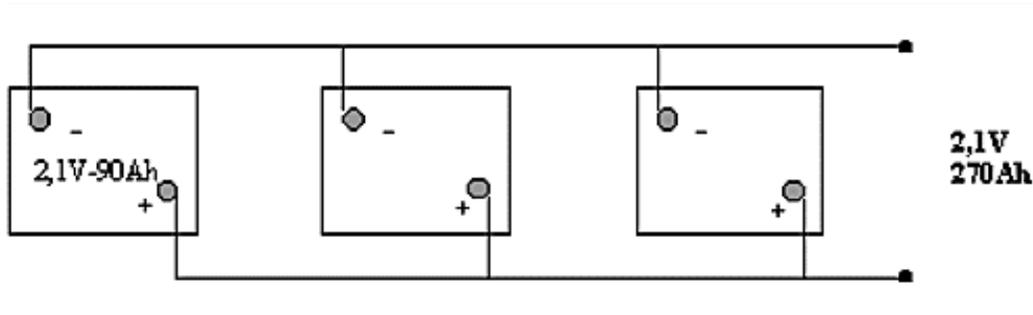


Figura 2.8 Baterías conectados en paralelo [Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctrica, (IIE)]

2.1.6 Regulador de Carga

El regulador de carga es el dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobre cargas y sobredescargas profundas. Durante la noche el voltaje de salida de los paneles fotovoltaicos es nulo. Al amanecer, atardecer o en días nublados, el nivel de insolación es bajo y los paneles no pueden cargar las baterías. En este último caso el control de carga cumple un rol pasivo, aislando el banco de acumulación del bloque de generación, evitando su descarga. Cuando la insolación

aumenta, el voltaje de los paneles supera al del banco de baterías y el proceso de carga se reanuda. Es entonces cuando el control de carga tiene un rol activo, evitando una gasificación excesiva del electrolito.

La misión del regulador es contrarrestar la inestabilidad de la fuente primaria. Funciona como un servomecanismo, en el que se compara el valor deseado en la carga con uno de referencia y efectúa los cambios necesarios para compensar las variaciones de la fuente primaria y las debidas a la carga. Su tiempo de respuesta es finito y su error en la estabilidad es función de la ganancia del bucle de la alimentación.

2.2 Instalación

La clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas se puede realizar en función de la aplicación a la que están destinadas. Así, se distinguen entre aplicaciones autónomas y aplicaciones a la red.

2.2.1 Aplicaciones autónomas

Producen electricidad sin ningún tipo de conexión con la red eléctrica, a fin de dotar de este tipo de energía al lugar donde se encuentran ubicadas.

2.2.2 Aplicaciones conectadas a la red

En ellas, el productor no utiliza la energía directamente, sino que es vendida al organismo encargado de la gestión de la energía en el país.

Tienen la ventaja de que la producción de electricidad se realiza precisamente en el periodo de tiempo en el que la curva de demanda de electricidad aumenta, es decir, durante el día, siendo muy importantes los kilovatios generados de esta forma.

2.2.3 Instalación eléctrica

Los aspectos de seguridad y protección son de vital importancia en la planeación, diseño, instalación, operación y mantenimiento de un sistema FV (autónomo o conectado a red).

Los generadores dispersos, interconectados con otras fuentes de energía como la red eléctrica, requieren de medidas de seguridad adicionales a las de los sistemas autónomos. La interfaz con la red representa algunos riesgos potenciales para los equipos de la red, para los del sistema FV, y para las personas involucradas en la operación y mantenimiento de ambos.

Se deben eliminar condiciones inseguras que pueden originar accidentes u operaciones incorrectas, y que a su vez pueden causar lesiones a las personas o daños a los equipos de la red o del sistema FV.

2.2.4 Puesta a tierra

En la instalación de un sistema de tierras para un sistema FV es conveniente proveer una barra de tierras que sirva como referencia a tierra tanto al sistema de CD como a todos los equipos que se conectan a tierra. La localización más conveniente para esta barra de tierra en sistemas aterrizados es la caja de conexión principal del generador FV.

Los conduit y estructuras metálicas del sistema FV deben estar a una distancia ≥ 1.8 m del conductor de tierras del sistema interceptor de rayos, de lo contrario deben ser sólidamente conectados a este conductor en la zona en la que la separación es < 1.8 m.

La instalación estará protegida frente a cortos circuitos, sobrecargas, y sobretensiones.

2.2.4.1 Puesta a tierra de equipos

Se deben conectar a tierra todas las partes metálicas que no están designadas para conducir corriente eléctrica; como son marcos de módulos, gabinetes metálicos y estructuras metálicas en general. La puesta a tierra de los equipos es una medida de protección a las personas; mantiene todas las partes metálicas que normalmente no están energizadas al potencial de tierra; aún en caso de que entren accidentalmente en contacto con algún circuito vivo. En la figura 2.9 se puede apreciar el esquema de puesta a tierra del sistema fotovoltaico.

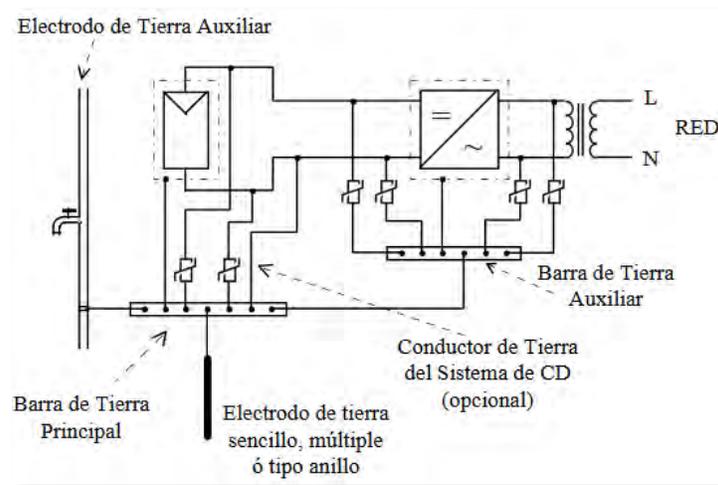


Figura 2.9 Puesta a tierra de un sistema FV residencial interconectado a la red [Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctricas, (IIE)]

2.2.5 Cableado

Dentro de la instalación de los sistemas fotovoltaicos y en cualquier sistema eléctrico convencional, los conductores son pieza fundamental para tener un rendimiento óptimo. Dentro de un Sistema fotovoltaico se utilizan tres tipos de conductores distintos: uno que transmite corriente directa, otro corriente alterna, y el sistema de puesta a tierra. Cada uno con características eléctricas y mecánicas distintas.

2.2.5.1 Tipo de conductor

2.2.5.1.1 Corriente directa

Conductor empleado en la conexión del AFV. Debe ser capaz de soportar condiciones de exterior: protección contra rayos UV y doble aislamiento. Para su selección es importante tomar en cuenta:

La tensión: en los SFVI existen AFV diseñados con tensiones que sobrepasan valores convencionales para sistemas de baja tensión, por lo que se debe poner especial atención en que el aislamiento del conductor trabaje a una tensión mayor al máximo valor de tensión de circuito abierto que brinde al AFV. Puede emplearse cable especializado para sistemas FV, pero la NOM-001-SEDE-2012 también contempla el uso de cable tipo USE-2.



Figura 2.10 Cable tipo USE-2/RHH/RHW-2 [Fuente: CONUEE]

2.2.5.1.2 Corriente alterna

Los conductores comúnmente empleados para este tipo de transmisión eléctrica son los cables THW-LS/THHW-LS. Normalmente se ocupa de la salida del inversor al punto de conexión con el sistema eléctrico general. Tiene una capacidad de aislamiento típica de 75 o 90° C y una tensión máxima de operación de 600 V. Si este tipo de conductor se emplea en exteriores debe de canalizarse en ductos que lo protejan de la intemperie, a partir de lo establecido en la especificación ANCE, debe ser a través de tubería eléctrica metálica (conduit) pared gruesa.



Figura 2.11 Cable tipo THW/THHWLS [Fuente: CONUEE]

2.2.5.1.3 Puesta a tierra

Llega a emplearse cable THW/THHWLS con aislamiento de color verde, verde-amarillo, sin embargo es más adecuado emplear el cable desnudo pues permite tener mayor área de contacto con los ductos y otras partes metálicas. El conductor puede ser de cobre o aluminio.

Para seleccionar el calibre del conductor es necesario revisar la capacidad de la protección contra la sobre-corriente más próxima del circuito, el conductor seleccionado debe ser capaz de drenar esa corriente.



Figura 2.12 Cable tipo desnudo [Fuente: CONUEE]

2.2.6 Código de colores

La mayoría de las instalaciones eléctricas en nuestro país utilizan el código de colores de la norma [Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones Eléctricas (utilización), Artículo 690 –Sistemas Fotovoltaicos]. Este código establece que para sistemas aterrizados, el color del aislamiento de todos los conductores con potencial de tierra debe ser blanco o gris; si el calibre es mayor que 6 AWG, se puede usar cualquier color excepto verde si se coloca pintura o cinta blanca en ambos extremos del conductor.

En la instalación del cableado se tiene que tomar en cuenta los esfuerzos mecánicos a los que pudieran estar sometidos. Utilizar aliviadores de tensión, soportes, conduit y guardas, según sea necesario para garantizar la seguridad de la instalación.

2.3 Diseño

2.3.1 Orientación e inclinación

La orientación e inclinación son aspectos determinantes en los arreglos FV para su producción eléctrica, siempre se debe de considerar la latitud del sitio que es la que define la orientación e inclinación que deberá poseer un arreglo FV.

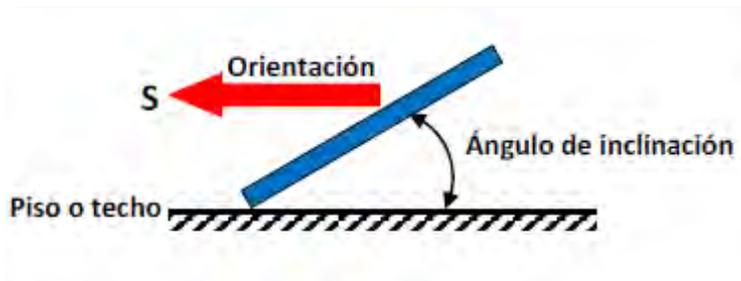


Figura 2.13 Ángulo de inclinación [Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctrica, (IIE)]

El territorio mexicano se encuentra en el hemisferio norte y la trayectoria aparente del sol durante la mayor parte del año se observa hacia el sur, por lo que si se establece una orientación hacia el sur geográfico y un ángulo de inclinación igual al ángulo de latitud, se maximiza la producción en términos anuales.

En el norte del país donde la demanda eléctrica es mayor durante el verano, se recomienda una inclinación igual al ángulo de latitud menos 15° , y dependiendo del caso, se puede optar por una orientación sur-oeste para incrementar la generación en las tardes, justo cuando suele ocurrir el pico de la demanda.

Ángulo de inclinación	Resultado
Latitud	Máxima generación eléctrica anualizada y durante la primavera del otoño
Latitud -15°	Máxima generación eléctrica en el verano
Latitud $+15^\circ$	Máxima generación eléctrica en el invierno

Tabla 2.1 Ángulos de inclinación [Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctrica, (IIE) Elaboración propia.]

En México es muy común que las viviendas posean techos horizontales, los cuales son convenientes para la instalación de un arreglo FV, ya que el montaje puede realizarse en estructuras con condiciones óptimas de orientación e inclinación.

En caso de que los techos ya posean cierta inclinación, su orientación deberá ser preferentemente hacia el sur geográfico y en ningún caso al norte. Si el montaje es horizontal, la ganancia energética es menor, pero puede ser aceptable, estimándose una reducción en la producción de electricidad de menos del 10%.

Cuando el techo no resulta apropiado y existe terreno disponible el arreglo FV puede montarse en tierra. También existen modalidades con integración arquitectónica en techos y fachadas, así como montajes en cobertizos y toldos.

2.3.2 Sombreados

Los sombreados recurrentes e inclusive ocasionales, reducen sustancialmente la producción eléctrica de los módulos FV. El sitio que elija para el montaje del arreglo FV, ya sea sobre techos o en tierra, debe estar libre de sombreados por obstrucciones o árboles durante todo el día, o al menos en su mayor parte. Es

importante que el proveedor del sistema determine el área de instalación y si esta se verá o no afectada por sombreados.

2.3.3 Área requerida para el montaje

En la tabla 2.2 se presenta una estimación del área requerida para el montaje del arreglo FV, considerando varias tecnologías y capacidades.

Si el área disponible para la ubicación del arreglo es limitada, se pueden elegir módulos de alta eficiencia, aunque esto implicaría una inversión mayor. Alternativamente, si se dispone de una superficie amplia se podría elegir el uso de módulos de menor eficiencia y costo, sin embargo al ser mayor su requerimiento de área, el costo de la estructura podría ser alto.

Área requerida del arreglo FV con diversas tecnologías y capacidades, m ² (valor aproximado)									
Tecnología de módulo	Eficiencia	m ² / kW _p	0.5 kW _p	1 kW _p	2 kW _p	3 kW _p	5 kW _p	10 kW _p	30 kW _p
Silicio policristalino (Si-pc) o multicristalino (Si-mc)	13 - 15%	~8	4	8	16	24	40	80	240
Silicio monocristalino (Si-sc)	14 - 20%	~7	4	7	14	21	35	70	210
Silicio amorfo (Si-a)	5 - 7%	~16	8	16	32	48	80	160	480
Telururo de cadmio (CdTe)	9 - 11%	~11	6	11	22	33	55	110	330
Di-seleniuro de cobre, indio y galio (CIGS)	10 - 12%	~10	5	10	20	30	50	100	300

Tabla 2.2 Requerimientos de espacios según el tipo de módulo [Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctrica, (IIE)]

En lo que respecta al inversor y demás equipo, se requiere de poco espacio para su montaje, regularmente en muro cubierto.

2.4 Mantenimiento

El mantenimiento preventivo que demanda un sistema FV es relativamente reducido, pero es conveniente dedicar tiempo para conservar el sistema en óptimas condiciones y garantizar con esto además de su correcta operación, un rendimiento energético óptimo durante toda la vida útil.

El alcance y periodicidad del mantenimiento preventivo necesario depende de las condiciones ambientales específicas en la zona (para el caso de cables y gabinetes no metálicos).

A largo plazo el tiempo invertido en las labores de mantenimiento preventivo es compensado con una operación del sistema más prolongada y sin contratiempos, evita reparaciones y/o daños mayores al equipo al detectar y corregir potenciales causas de falla desde su origen, y alarga la vida útil del sistema.

El mantenimiento correctivo del sistema FV cuando se presenta una falla y se acude con el técnico especializado para la reparación requerida que daña la operación normal del sistema FV.

2.5 Análisis económico

Existen dos conceptos de costo que se deben tomar en cuenta al considerar la adquisición de un sistema FV: el costo de inversión y el costo de energía.

2.5.1 Costo de inversión

El costo de inversión de un sistema FV depende de diversos factores, como son:

- La capacidad del sistema.
- La preparación y ejecución del proyecto; lo cual incluye diseño, instalación, interconexión y puesta en marcha del sistema.
- Las características tecnológicas y económicas de los componentes, principalmente de los módulos y el inversor.
- Si la casa o edificio al que se integrará el sistema ya existe o sea construido.
- Si el sistema se montará sobre el techo o a nivel del piso, o bien si será un elemento integral de techos y fachadas.

Composición típica en el ámbito internacional de costos de inversión de SFVI de pequeña escala

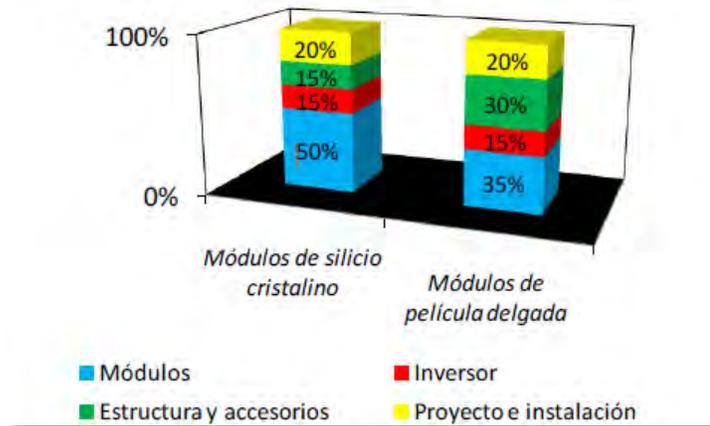


Figura 2.14 Distribución del costo de inversión de un sistema SFV [Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctrica, (IIE)]

La inversión total promedio para un SFVI de pequeña escala en México, se estima entre \$59,300 pesos para un sistema mayor a 1kW_p, y \$71,550 pesos para un sistema menor a 1 kW_p dependiendo de la tecnología utilizada, país de aplicación y proveedor comercial. [Fuente: GIZ, México 2011.]

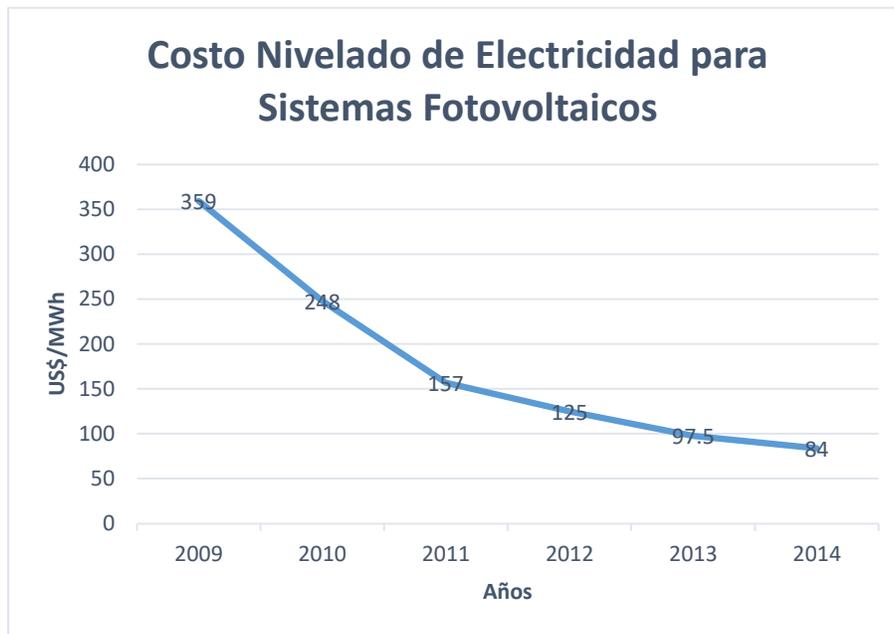
El costo aproximado del medidor bidireccional es de 100 USD y el costo promedio por kW_p, por concepto de equipamiento adicional a los módulos FV, incluyendo el medidor, el costo de instalación y el IVA (16%), se estima en \$6,000 pesos, para sistemas menores a 1 kW_p, y en \$4,900 pesos para sistemas mayores a 1 kW_p. [GIZ, México 2011]

2.5.2 Costo de energía

El costo de energía se refiere al costo por cada kilowatt-hora de electricidad producida por el sistema FV. En el ámbito técnico se denominada costo nivelado de energía y se puede comparar directamente contra el precio de electricidad de la red. En su determinación intervienen los siguientes factores:

- El monto de la inversión.

- La eficiencia con la cual se estará efectuando la conversión de energía.
- La localidad donde se instalará el sistema.
- La afectación por sombreados.
- La vida útil del sistema.



Gráfica 2.1 Costo nivelado para SFV [Fuente: CONUEE]

Los cálculos de los Costos Nivelados de Energía (Levelized Costs of Energy, LCoE o LEC) están definidos por la siguiente integral de tiempo en donde, para cada año “t”:

$$LEC = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}} \quad (6)$$

I_t = gastos de inversión en el año t, M_t = gastos de operación y mantención, F_t = gastos de combustibles, E_t = electricidad generada, r = tasa de descuento y t = tiempo de vida de la planta.

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL SECTOR INDUSTRIAL EN MÉXICO

3.1 Análisis Energético del sector Industrial en México

Para poder determinar si los sistemas fotovoltaicos tienen oportunidad en el sector industrial, se procede a analizar el consumo energético del país, así como el crecimiento en el uso de tecnología solar como fuente de generación de energía en este sector. Para realizar este análisis, se auxiliará en documentos oficiales que posteriormente se describirán.

3.2 Balance Nacional de Energía

El Balance Nacional de Energía es un documento que muestra el desempeño del sector energético. Así mismo, permite realizar un análisis comparativo con lo observado en años previos. De igual manera presenta cifras sobre el origen y destino de las fuentes primarias y secundarias de energía a nivel nacional durante el año (También se realiza una revisión y actualización de las cifras de años anteriores). Incorpora información útil para el análisis del desempeño del sector energético, para el diseño de políticas públicas en la materia, la estimación del desempeño ambiental para contribuir en la caracterización de otros sectores económicos y para la toma de decisiones.

Además es indispensable para conocer la realidad del país en materia energética y muestra de forma comparable, la aportación de las distintas fuentes de energía tanto en la oferta como en la demanda.

Los estadísticos que lo conforman poseen un alto grado de confiabilidad, el cual permite a los interesados observar las directrices de los principales indicadores del

sector a fin de promover el uso de información actualizada que contribuya en la participación de un sector renovado, mediante el uso de datos estadísticos nacionales e internacionales validados por los principales actores del sector energético.

Los principales objetivos del Balance Nacional de Energía son:

- Proporcionar información básica y comparable a nivel nacional e internacional, para el análisis del desempeño del sector energético y la elaboración de estudios sectoriales.
- Servir de instrumento para la planeación indicativa del desarrollo sustentable del sector energético.
- Dar a conocer la estructura del sector energético por sus fuentes y usos de una manera clara y cuantitativa.
- Mostrar la dinámica de la oferta y la demanda de energía en el contexto económico actual del país.

3.2.1 Contexto Energético Mundial

En 2013 la producción mundial de energía primaria totalizó 13,611.81 (World Energy Balances, IEA, 2015.) millones de toneladas equivalentes de petróleo (MMtep) en la figura 3.1 se muestra la distribución grafica de producción de energía primaria la cual es 2.3% veces mayor que en 2012. México se situó en el decimotercer lugar, con 1.6% de la energía total producida en el mundo.

El principal incremento se observó en la producción del carbón y sus derivados, con 5.0% respecto al año anterior. La producción mundial de energías renovables incrementó 3.8%, la de gas natural 2.2% y la nucleenergía 0.7%; mientras que la producción de petróleo disminuyó 0.2%.

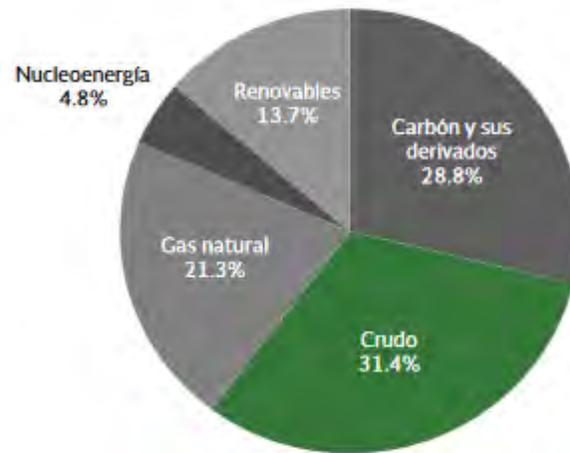


Figura 3.1 Producción mundial de energía primaria equivalente a 13,611.81 MMtep.
[Fuente: World Energy Balances, IEA, 2015]

El consumo mundial de energía creció 2.5% en 2013, al totalizar 9,172.80 MMtep, en la figura 3.2., se esquematiza la distribución grafica porcentual del consumo de distintos recursos energéticos. Esto se debió principalmente al incremento en el consumo de carbón y sus derivados con 6.2%, al de gas natural con 3.3% y al de electricidad con 3.2%. Los tipos de energía renovable que tuvieron un incremento en su participación fueron la energía solar y la eólica, con 26.35 MMtep, cifra 29.5% mayor que la registrada en 2012.

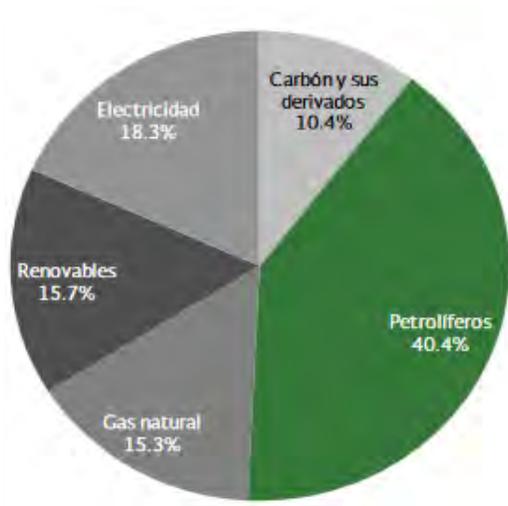


Figura 3.2 Consumo mundial de energía por energético, 9,172.80 MMtep.
Fuente [World Energy Balances, IEA, 2015]

Por sectores de consumo, el principal sector a nivel mundial fue el industrial con 2,623.45 MMtep, con un 28.6% del total, seguido por el sector transporte con 2,551.85 MMtep, representando el 27.8% y el residencial con 2,130.56 MMtep constituyendo el 23.2%, la distribución porcentual por sectores se puede visualizar en la figura 3.3.

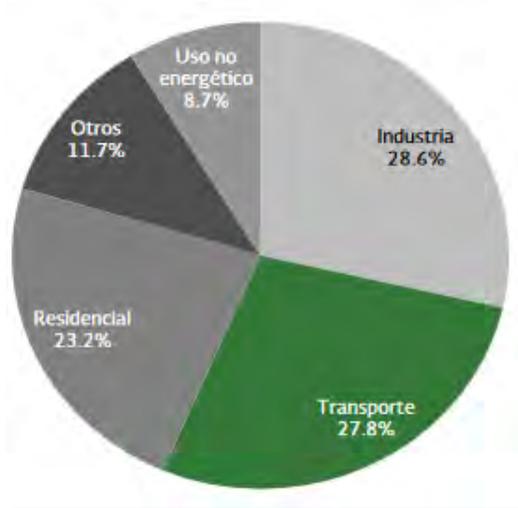


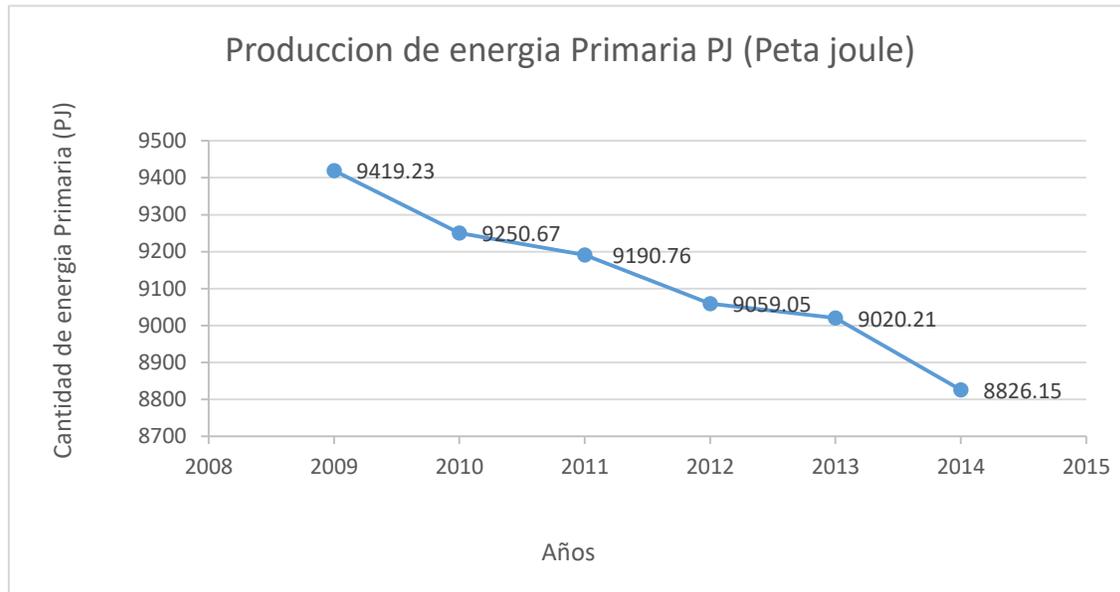
Figura 3.3 Consumo total a nivel mundial de energía por sector, 9,172.80 MMtep. Fuente [World Energy Balances, IEA, 2015]

3.3 Oferta y Demanda de Energía

3.3.1 Producción de energía primaria

En 2014, la producción nacional de energía primaria totalizó en 8,826.15 PJ, un 2.1% menor respecto a 2013, en la gráfica 3.1 se puede observar la tendencia de producción, que desde 2009 ha ido decreciendo.

En la Tabla 3.1 y en la figura 3.4, se en lista y se esquematiza gráficamente las energías primarias mostrando su estructura y su variación porcentual de producción de cada una de ellas donde se puede observar que la producción de petróleo, principal energético primario, disminuyó 3.7 % comparado con 2013. Mientras que la producción por tipo de petróleo, el pesado aportó 52.1%, con un decrecimiento de 2.0% comparado con 2013.



Gráfica 3.1 Producción de energía primaria [Fuente: Balance Nacional de Energía 2010-2015, Elaboración propia.]

	2013	2014	Variación porcentual (%) 2014/2013	Estructura porcentual (%) 2014
Total	9,019.91	8,826.15	-2.15	100
Carbón	299.88	303.37	1.16	3.44
Hidrocarburos	7,961.43	7,755.20	-2.59	87.87
Petróleo crudo	5,814.63	5,597.20	-3.74	63.42
Condensados	101.20	78.55	-22.38	0.89
Gas natural	2,045.61	2,079.45	1.65	23.56
Nucleoenergía	122.60	100.60	-17.95	1.14
Renovables ¹	636.01	666.98	4.87	7.56
Hidroenergía	100.81	140.01	38.89	1.59
Geoenergía	131.32	129.88	-1.09	1.47
Solar	7.60	8.73	15.00	0.10
Energía eólica	15.06	23.13	53.57	0.26
Biogas	1.97	1.94	-1.57	0.02
Biomasa	379.26	363.28	-4.21	4.12
Bagazo de caña	123.83	109.16	-11.85	1.24
Leña	255.42	254.12	-0.51	2.88

Tabla 3.1 Producción de energía primaria. [Fuente: Sistema de información Energética, Sener]

En lo que se refiere a la energía eólica, durante 2014 la producción incrementó el 53.6% respecto a 2013, pasando de 15.06 PJ a 23.13 PJ. En lo que respecta a la producción de energía solar, esta aumentó un 15.0% respecto a 2013, en la gráfica 3.2 se puede visualizar el crecimiento en la producción de energía solar dentro de las energías primarias.

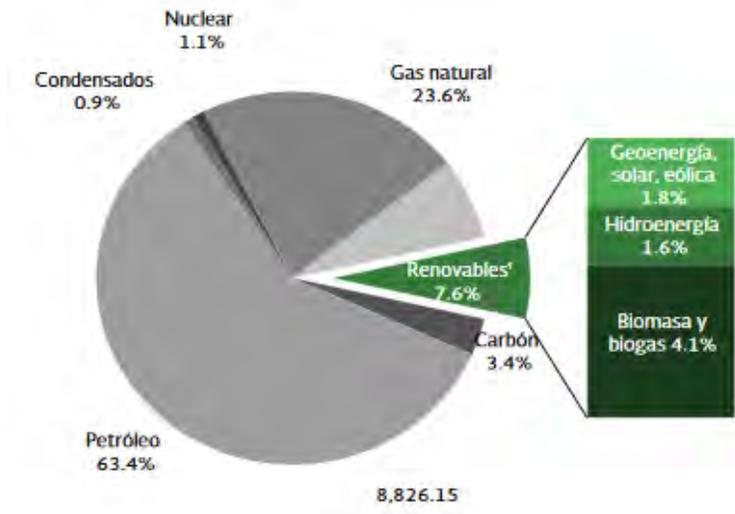
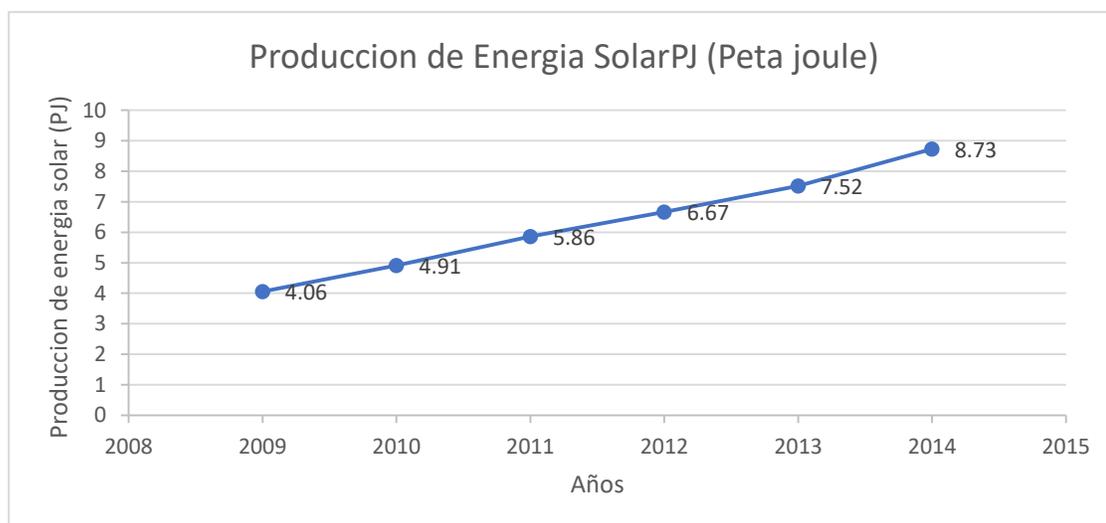


Figura 3.4 Estructura de la producción de energía primaria 2014. [Fuente: Sistema de Integración Energética, Sener]



Gráfica 3.2 Producción de energía solar. [Fuente: Balance Nacional de Energía 2010-2015, Elaboración propia.]

3.4 Consumo energético por sectores

Los sectores en que se desagrega el consumo final total son el transporte, que es el sector más intensivo en uso de energía, representando el 45.9%; el industrial, que consumió 32.0%; el residencial, comercial y público con 18.8%; y el agropecuario, con 3.3%, en la figura 3.5 se puede visualizar mejor esta distribución.

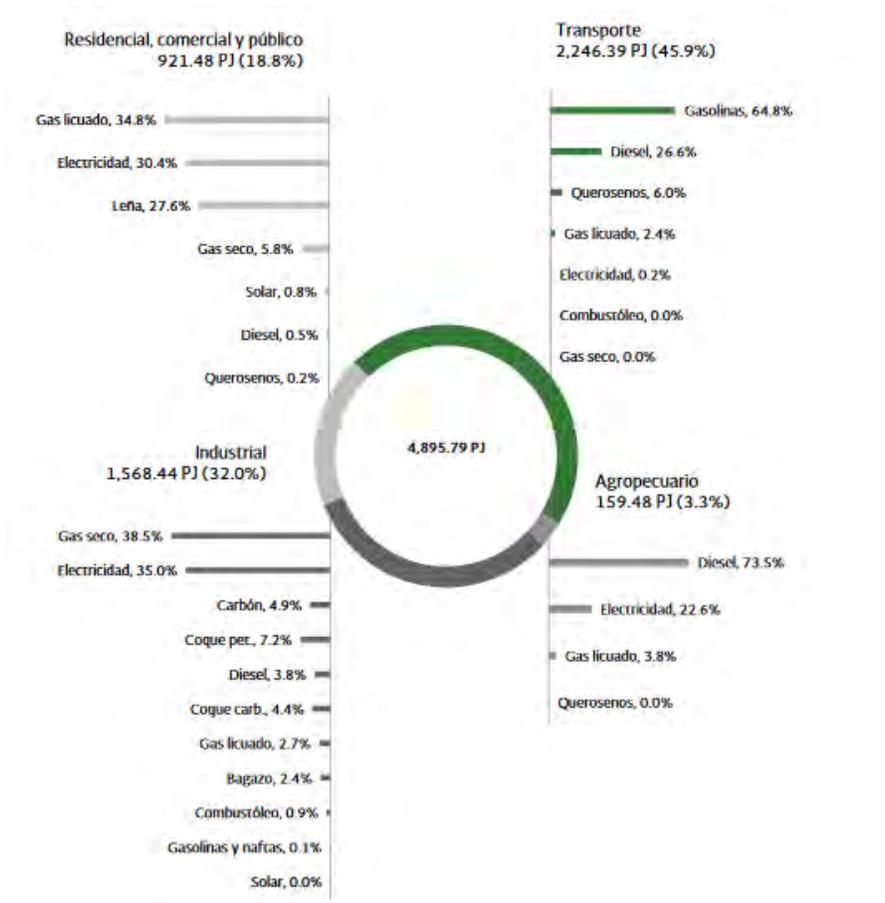


Figura 3.5 Consumo final de energéticos por sector 2014. [Fuente: Sistema de Información Energética, Sener]

3.4.1 Sector agropecuario

El consumo de energía en el sector agropecuario fue 159.48 PJ, este aumentó 0.6% en 2014 respecto al año anterior, en la tabla 3.2 se muestra el consumo de energía

de los energéticos usados en el sector agropecuario en el año 2013 y 2014 y su variación porcentual entre esos años, donde los combustibles que se utilizan en este sector, el más importante es el diésel, que representó 73.5% del total de energía consumida.

	2013	2014	Variación porcentual (%) 2014/2013	Estrcutura porcentual (%) 2014
Agropecuario	158.62	159.48	0.55	100
Total de petrolíferos	121.59	123.36	1.46	77.35
Gas licuado	6.03	6.08	0.91	3.81
Querosenos	0.01	0.00	-84.37	0.00
Diesel	115.55	117.28	1.50	73.54
Electricidad	37.03	36.12	-2.46	22.65

Tabla 3.2 Consumo de energía en el sector agropecuario. [Fuente Sistema de Información Energética, Sener]

3.4.2 Sector residencial, comercial y público

El consumo de energía en el sector residencial durante 2014 aumento 1.5% respecto a 2013, totalizando 754.14 PJ, esto se debió principalmente al aumento en el consumo de gas seco en los hogares, que pasó de 33.80 PJ en 2013 a 39.86 PJ en 2014. Asimismo, durante este año se observó una disminución de 0.5% en el consumo de leña en hogares debido al incremento en el uso de gas seco, electricidad y uso directo de la energía solar en zonas urbanas del país.

El consumo de energía en el sector comercial aumentó 1.1% respecto a 2013. El gas LP fue el energético que más se utilizó con 46.9%. La electricidad siguió en orden de importancia con el 37.7%. En la tabla 3.3 se enlistan los energéticos usados en este sector así como su variación.

El consumo del sector público, el cual considera la electricidad utilizada en el alumbrado público, bombeo de agua potable y aguas negras, disminuyo 3.1% en

2014 respecto al año anterior. Mientras que el consumo de energía solar tuvo un aumento en su variación de 10% a 12%

	2013	2014	Variación porcentual (%) 2014/2013	Estructura porcentual (%) 2014
Residencial	742.71	754.14	1.54	100
Solar	4.04	4.53	12.12	0.60
Leña	255.42	254.12	-0.51	33.70
Total de petrolíferos	258.31	259.02	0.28	34.35
Gas licuado	256.96	257.11	0.06	34.09
Querosenos	1.35	1.91	41.68	0.25
Gas seco	33.80	39.86	17.91	5.29
Electricidad	191.14	196.62	2.87	26.07
Comercial	133.42	134.94	1.14	100
Solar	2.82	3.12	10.83	2.32
Total de petrolíferos	69.43	67.79	-2.35	50.24
Gas licuado	65.03	63.32	-2.63	46.92
Diesel	4.40	4.48	1.82	3.32
Gas seco	11.10	13.13	18.34	9.73
Electricidad	50.08	50.89	1.61	37.71
Público	33.43	32.39	-3.09	100
Electricidad	33.43	32.39	-3.09	100

Tabla 3.3. Consumo de energía en los sectores residencial, comercial y público (Petajoules). [Fuente: Sistema de Información Energética, Sener]

3.4.3 Sector transporte

El consumo de combustibles en el sector transporte totalizó 2,246.39 PJ en 2014, 0.7% menor que en 2013. Durante el año 2014 se observó un crecimiento importante en el consumo de energéticos en el transporte aéreo, con un incremento de 6.2% respecto a 2013. Por otro lado, se observa un incremento de 2.0% en los movimientos de carga del transporte marítimo. En la tabla 3.4 se enlistan los energéticos usados en el sector mientras que en la Figura 3.6 se esquematiza la distribución de consumo de energía.

	2013	2014	Variación porcentual (%) 2014/2013	Estructura porcentual (%) 2014
Transporte	2,261.27	2,246.39	-0.66	100
Autotransporte	2,074.65	2,051.86	-1.10	91.34
Total de petrolíferos	2,073.78	2,051.04	-1.10	91.30
Gas licuado	54.10	54.03	-0.12	2.41
Gasolinas	1,471.10	1,454.72	-1.11	64.76
Diesel	548.58	542.28	-1.15	24.14
Gas seco	0.87	0.82	-5.30	0.04
Aéreo	127.19	135.08	6.21	6.01
Total de petrolíferos	127.19	135.08	6.21	6.01
Gasolinas	0.86	0.83	-2.56	0.04
Querosenos	126.33	134.25	6.27	5.98
Marítimo	28.76	29.32	1.96	1.31
Total de petrolíferos	28.76	29.32	1.96	1.31
Diesel	28.67	28.78	0.36	1.28
Combustóleo	0.08	0.54	565.80	0.02
Ferroviario	26.61	26.16	-1.68	1.16
Total de petrolíferos	26.45	26.01	-1.66	1.16
Diesel	26.45	26.01	-1.66	1.16
Electricidad	0.16	0.15	-5.12	0.01
Eléctrico	4.07	3.97	-2.39	0.18
Electricidad	4.07	3.97	-2.39	0.18

Tabla 3.4. Consumo de energía en el sector transporte (Petajoules).
[Fuente: Sistema de Información Energética, Sener]

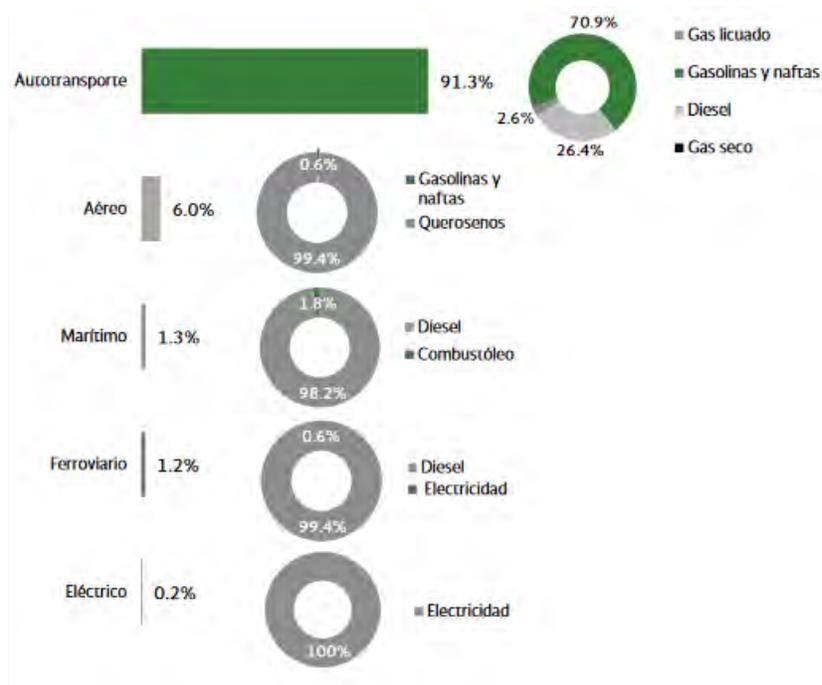
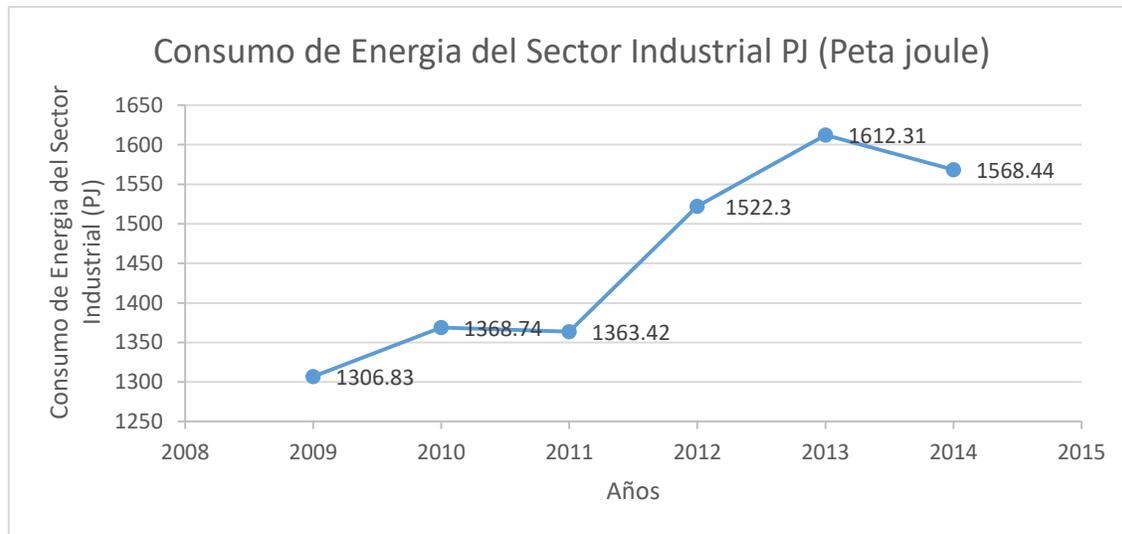


Figura 3.6. Consumo de energía del sector transporte, 2014 (Estructura porcentual por subsector y energético). [Fuente: Sistema de Información Energética]

3.4.4 Sector industrial

El sector industrial es el segundo mayor consumidor de energía en el país. Durante 2014 alcanzó 32.0% del consumo energético total, mostrando un decrecimiento de 1.4% respecto al año anterior, para ubicarse en 1,568.44 PJ.



Grafica 3.3. Consumo de energía en el Sector Industrial [Fuente: Balance Nacional de Energía 2010-2015, Elaboración propia.]

Las industrias que se identifican como las mayores consumidoras de energía, de acuerdo al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte son:

- Industria básica del hierro y del acero
- Fabricación de cemento y productos a base de cemento en plantas integradas
- PEMEX Petroquímica (La industria petroquímica se incluye dentro del subsector de la industria química; sin embargo, en el Balance Nacional de Energía se incluye por separado petroquímica de PEMEX debido a su importancia.)
- Industria química
- Fabricación de vidrio y productos de vidrio
- Fabricación de pulpa, papel y cartón

- Minería de minerales metálicos y no metálicos, excepto petróleo y gas
- Elaboración de azúcares
- Elaboración de cerveza
- Elaboración de refrescos, hielo y otras bebidas no alcohólicas, y purificación y embotellado de agua
- Construcción
- Fabricación de automóviles y camiones
- Fabricación de productos de hule
- Fabricación de fertilizantes, y
- Elaboración de productos de tabaco

El gas seco, combustible más utilizado en la industria, aportó 38.5% (603.28 PJ) del consumo del sector en el 2014, lo que implicó un incremento de 1.7%.

El consumo de electricidad fue equivalente a 548.37 PJ y representó 35.0% del consumo industrial, aumentando 3.3% respecto a 2014.

El consumo de petrolíferos (gas licuado, gasolinas y naftas, diésel queroseno, y combustóleo), contribuye con 7.6% de la demanda, al sumar 118.83 PJ, disminuyeron en 11.8%.

El consumo de carbón finalizó en 77.44 PJ, con un decremento de 22.6% respecto al año 2013, a diferencia del de coque de carbón obtuvo un 5.8 % más que 2013, alcanzando 68.89 PJ,

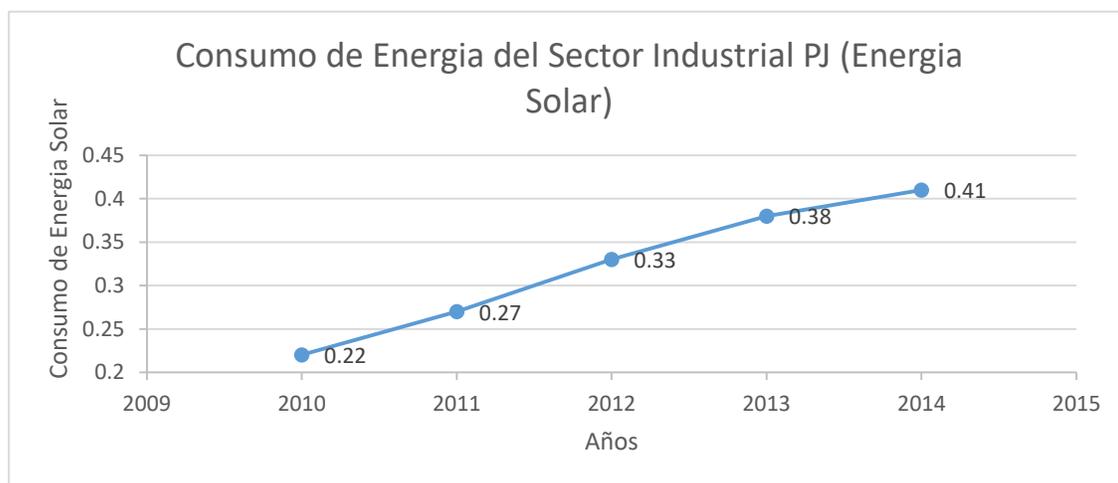
El consumo del bagazo de caña en el sector industrial totalizó 37.71 PJ, cifra 45.1% menos que la de 2013. Esta fuente primaria de energía aportó 2.4% del total del requerimiento energético del sector.

El empleo de energía solar para satisfacer necesidades energéticas en este sector totalizó 0.41 PJ. Aunque su aportación, la canasta de combustibles de la industria fue muy pobre, ha mostrado un crecimiento constante en los últimos años.

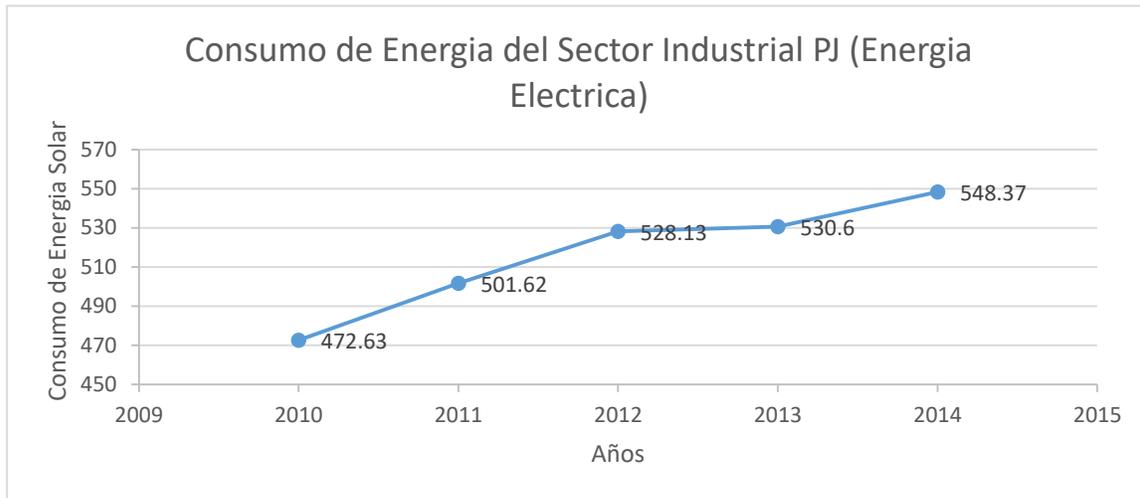
Lo antes mencionado se puede visualizar mejor en la tabla 3.5 donde se enlista los energéticos consumidos en este sector y en la gráfica 3.4 se muestra la tendencia de crecimiento de la energía solar y en la gráfica 3.5 el consumo de energía eléctrica.

	2013	2014	Variación porcentual (%) 2014/2013	Estructura porcentual (%) 2014
Total	1,590.42	1,568.44	-1.38	100
Energía solar	0.38	0.41	8.93	0.03
Bagazo de caña	68.72	37.71	-45.13	2.40
Carbón	100.02	77.44	-22.58	4.94
Coque total	0.38	0.41	8.93	0.03
Coque de carbón	65.13	68.89	5.78	4.39
Coque de petróleo	97.66	113.51	16.22	7.24
Total de petrolíferos	134.71	118.83	-11.79	7.58
Gas licuado	43.97	42.48	-3.38	2.71
Gasolinas y naftas	0.85	1.05	22.93	0.07
Querosenos	0.00	0.00	0.00	0.00
Diesel	64.53	60.37	-6.44	3.85
Combustóleo	25.36	14.93	-41.13	0.95
Gas seco	593.18	603.28	1.70	38.46
Electricidad	530.60	548.37	3.35	34.96

Tabla 3.5. Consumo de energía en el sector industrial por energético (Petajoules).
[Fuente: Sistema de Información Energética, Sener]



Grafica 3.4. Consumo de energía solar en el Sector Industrial [Fuente: Balance Nacional de Energía 2010-2015, Elaboración propia.]



Grafica 3.5. Consumo de energía eléctrica en el Sector Industrial [Fuente: Balance Nacional de Energía 2010-2015, Elaboración propia.]

La rama más intensiva en el uso de energía fue la industria básica del hierro y del acero. Sus requerimientos de energía totalizaron 212.47 PJ, que representó el 13.6% del consumo industrial en 2014.

En la tabla 3.6 y figura 3.7 se muestra mejor el consumo de energía de las principales ramas del sector industrial, como su variación en el año 2013 y 2014.

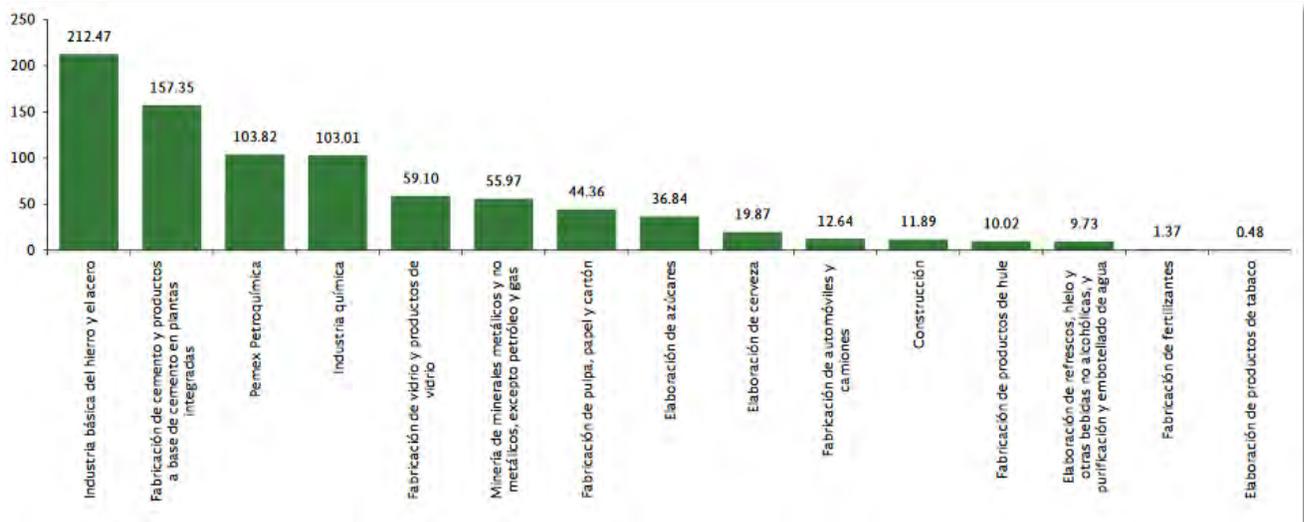


Figura 3.7. Consumo energético de las principales ramas industriales, 2014

	2013	2014	Variación porcentual (%) 2014/2013	Estructura porcentual (%) 2014
Total	1,590.42	1,568.44	-1.38	100
Otras ramas	727.73	729.51	0.24	46.51
Industria básica del hierro y el acero	208.08	212.47	2.11	13.55
Fabricación de cemento y productos a base de cemento en plantas integradas	136.23	157.35	15.50	10.03
Pemex Petroquímica	116.43	103.82	-10.83	6.62
Industria química	93.73	103.01	9.91	6.57
Minería de minerales metálicos y no metálicos, excepto petróleo y gas	61.48	55.97	-8.96	3.57
Fabricación de vidrio y productos de vidrio	55.37	59.10	6.74	3.77
Fabricación de pulpa, papel y cartón	49.82	44.36	-10.96	2.83
Elaboración de azúcares	72.10	36.84	-48.91	2.35
Elaboración de cerveza	21.97	19.87	-9.57	1.27
Fabricación de automóviles y camiones	13.98	12.64	-9.58	0.81
Construcción	12.72	11.89	-6.53	0.76
Elaboración de refrescos, hielo y otras bebidas no alcohólicas, y purificación y embotellado de agua	9.53	9.73	2.06	0.62
Fabricación de productos de hule	9.58	10.02	4.67	0.64
Fabricación de fertilizantes	1.15	1.37	18.98	0.09
Elaboración de productos de tabaco	0.52	0.48	-7.50	0.03

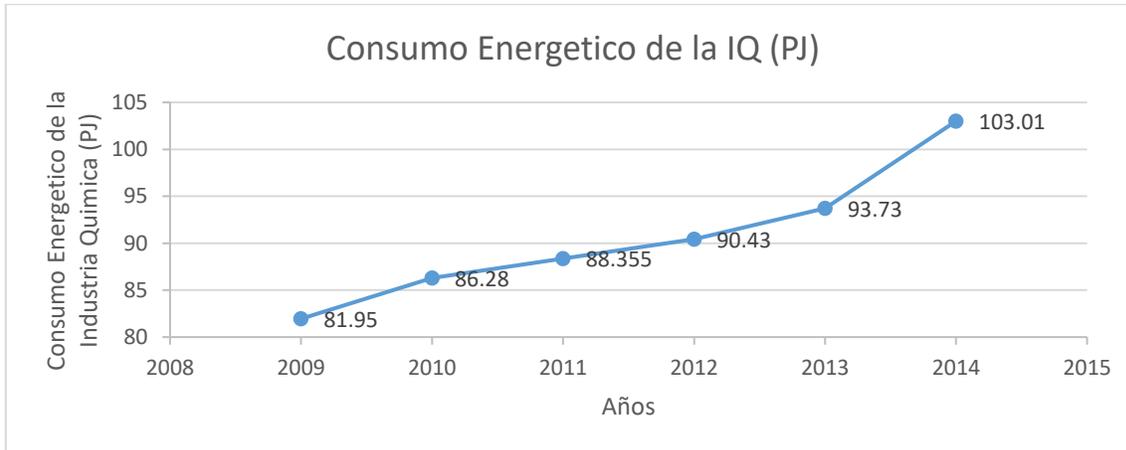
Tabla 3.6. Consumo de energía en el sector industrial por ramas (Petajoules).
[Fuente: Sistema de Información Energética]

La industria de fabricación de cemento y productos a base de cemento fue la segunda consumidora de energía más importante, con una participación de 10.0% en 2014. En dicho año su demanda energética totalizó 157.35 PJ, 15.5% mayor que 2013.

La Petroquímica de PEMEX ocupó este año el tercer lugar en consumo de energía en el sector industrial. Representó 6.6% del total del sector, totalizando 103.82 PJ consumidos durante 2014, 10.8% menor que en 2013.

3.5 Industria Química.

La industria química es una de las industrias que consume más energía en el país, en el año 2012 consumió 90.426 PJ, con un aumento en el 2013 de 93.726 PJ y para el año 2014 consumió 103.01 PJ. Con una variación porcentual del año 2013/2014 de 9.91%.



Grafica 3.6. Consumo de energía de la Industria Química [Fuente: Balance Nacional de Energía 2010-2015, Elaboración propia.]

Uno de los inconvenientes que tiene la industria química en México, es el costo de la energía eléctrica. Las tarifas eléctricas han aumentado en nuestro país más que en Estados Unidos desde 1998: 122% en México en dólares y 14% en EUA [Fuente: Asociación Nacional de la Industria Química, 2013].

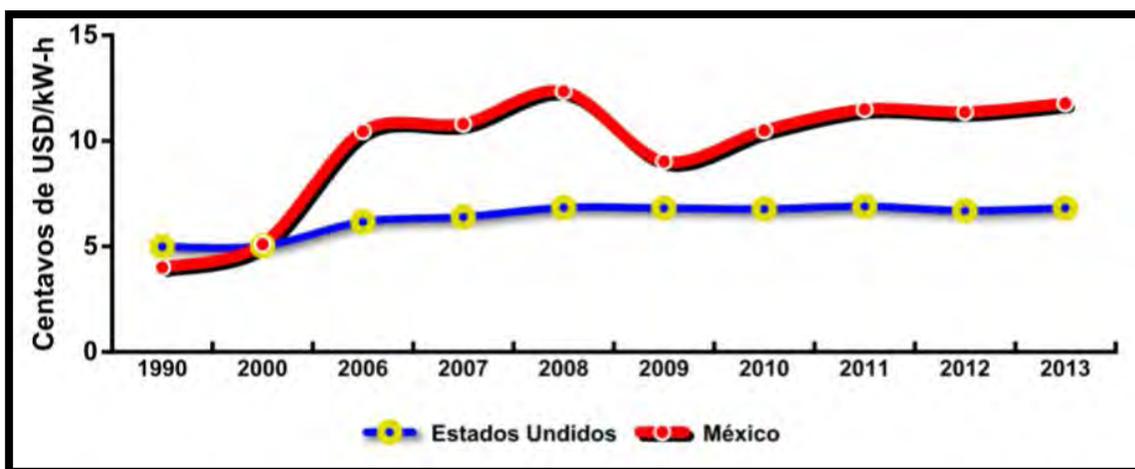


Figura 3.8. Comparación de costo en la tarifa de energía eléctrica entre México y Estados Unidos [Fuente: ANIQ, 2014]



Estamos entre los precios más altos en la tarifa de energía eléctrica a nivel mundial para el mismo tipo de servicio, agravándose por problemas de calidad.

Como se ha analizado el contexto, uno de los inconvenientes que afecta la competitividad en la industria química, es el precio en la tarifa de la energía eléctrica, por consiguiente se ha visto que el crecimiento en el consumo de energía solar en el sector industrial, sería una buena alternativa para la industria química, porque al introducir proyectos sustentables (Ahorro de energía y eficiencia energética) para la generación de energía eléctrica para sus procesos, habría una gran reducción en sus gastos y así mismo una mejora en el uso y ahorro de la energía.

CAPÍTULO 4: ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO PARA PROYECTOS DE AHORRO DE ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA (SISTEMAS FOTOVOLTAICOS)

Como ya se ha revisado en el capítulo anterior, una buena opción para generar energía, son los proyectos de eficiencia energética. En este apartado se citarán las distintas alternativas de financiamiento que tiene la industria para poder incorporar estos proyectos a sus instalaciones. Así como mencionar a las distintas instituciones que se encargan de otorgar el apoyo financiero.

Antes de abordar las distintas alternativas, hay elementos que se deben definir como ¿Qué es un financiamiento?, ¿Qué es un programa financiero? Así como otros conceptos de ingeniería económica.

4.1 Conceptos de Economía

4.1.1 Financiamiento

Se atribuye la palabra financiamiento al conjunto de recursos monetarios y de crédito que se destinarán a una empresa, actividad, organización o individuo para que los mismos lleven a cabo una determinada actividad o concreten algún proyecto, siendo uno de los más habituales la apertura de un nuevo negocio.

4.1.2 Programa financiero

Un programa financiero es un conjunto de medidas de políticas económicas coordinadas, principalmente en los sectores monetario, fiscal y de balanza de pagos, dirigidas a alcanzar ciertas metas económicas. En la práctica, la programación financiera incluye las tareas de realizar un diagnóstico, establecer las

metas económicas, seleccionar los instrumentos de política y cuantificar los valores apropiados de esos instrumentos para lograr las metas propuestas.

4.1.3 Préstamo o Crédito

Cabe destacarse que las maneras más comunes de lograr el financiamiento para algunos de los proyectos mencionados es un préstamo que se recibe de un individuo o de una empresa, o bien vía crédito que se suele gestionar y lograr en una institución financiera.

El financiamiento puede contratarse dentro del país o fuera de este a través de créditos, empréstitos⁵ u otro tipo de obligación derivada de la suscripción o emisión de títulos de crédito o cualquier otro documento pagadero a plazo.

4.1.4 Formas de Financiamiento

Existen varias formas de financiamiento, las cuales se clasifican en: según el plazo de vencimiento: financiamiento a corto plazo (el vencimiento es inferior a un año, crédito bancario, línea de descuento, financiación espontánea) y financiamiento a largo plazo (el vencimiento es superior a un año, ampliaciones de capital, autofinanciación, préstamos bancarios, emisión de obligaciones); según la procedencia: interna (fondos que la empresa produce a través de su actividad y que se reinvierten en la propia empresa) o externa (proceden de inversores, socios o acreedores); según los propietarios: ajenos (forman parte del pasivo exigible, en algún momento deberán devolverse pues poseen fecha de vencimiento, créditos, emisión de obligaciones) o propios (no tienen vencimiento).

⁵ Operación financiera que realiza el **Estado** o los entes públicos, normalmente mediante la emisión de títulos de deuda, para atender sus necesidades u obligaciones. Éste término se aplica particularmente a los préstamos otorgados a una nación.

4.2 Ingeniería Económica

La Ingeniería Económica es en conjunto de saberes formado por varias disciplinas cuyo objetivo primordial es la evaluación de alternativas con el objeto de tomar la mejor decisión, este conjunto de disciplinas complementa a la ingeniería para crear proyectos que satisfagan las necesidades humanas con una perspectiva económica.

Dentro de esta área hay parámetros económicos los cuales ayudan a tomar la decisión para llevar a cabo un proyecto, que a continuación se explicaran.

4.2.1 Valor Presento Neto

Puesto que el valor presente neto (VPN, o NPV, por sus siglas en inglés) toma en cuenta de manera explícita el valor del dinero en el tiempo, se considera una técnica refinada para preparar presupuestos de capital (Gitman, Lawrence. 2003. pág. 345)

El VPN es el valor monetario que resulta de restar la suma de flujos descontados a la inversión inicial. Se sabe que si $VPN > 0$, se acepta la inversión; si $VPN < 0$, se rechaza.

$$VPN = \sum_{n=1}^n \frac{V_n}{(1+i)^n} - V_0 \quad (7)$$

Donde:

V_0 Es la inversión inicial del proyecto, V_n es el flujo de efectivo descontado, i es la tasa de descuento y n son los años.

Al tener un valor positivo, se acepta esta inversión según el primer parámetro y se procede al cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR).

4.2.2 Tasa Real de Cambio

El TRC es el período determinado en que se recuperará la inversión. Se obtiene contando el número de periodos (Años) en que tardará el flujo de efectivo acumulado en dar el cambio de signo negativo a positivo (momento en el que se comienzan a tener ganancias). Si el TRC es menor al último año o al año definido por el inversionista, entonces se acepta el proyecto.

4.2.3 Tasa Interna de Retorno

Es la tasa de descuento que iguala el VPN de una oportunidad de inversión con \$0 (Gitman, Lawrence & Zutter, Chad. 2012. Pág. 372)

Es la tasa de descuento, que hace que el valor actual de los flujos de beneficios (positivos) sea igual al valor actual de los flujos de inversión negativos (Fernández, Saúl. 2007. Pág. 132)

La TIR es la tasa de descuento por la cual el VPN es igual a cero. Es la tasa de rendimiento real para el proyecto, suponiendo la reinversión total del dinero año con año.

Se tiene la siguiente ecuación:

$$V_0 + \frac{V_1}{(1+i)} + \frac{V_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{V_n}{(1+i)^n} = 0 \quad (8)$$

Dónde:

V_0 Es el flujo de Efectivo Descontado en el período 0, V_1 es el flujo de Efectivo Descontado en el año 1, V_n es el Flujo de Efectivo Descontado en el año n , n son los años de proyección e i es el interés (En este caso, es la variable de interés pues representa al TIR)

Igual que el valor presente neto, se sabe que si $TIR > 0$, se acepta la inversión; si $TIR < 0$, se rechaza. Estos criterios garantizan que la empresa ganará al menos el

rendimiento requerido. En las tablas 5.1 y 5.2 se plasman los criterios de decisión de estos indicadores económicos.

VPN			
		decisión	razón
VPN	>	0	aceptar crea valor
VPN	=	0	aceptar rinde lo esperado
VPN	<	0	rechazar destruye valor

Tabla 4.1. Criterio de decisión del Valor Presente Neto [Fuente: Fernández Espinoza, S., 2007]

TIR			
		decisión	razón
TIR	>	tas a de des cuento	aceptar crea valor
TIR	=	tas a de des cuento	aceptar rinde lo esperado
TIR	<	tas a de des cuento	rechazar destruye valor

Tabla 4.2. Criterio de decisión de la Tasa Interna de Retorno [Fuente: Fernández Espinoza, S., 2007]

4.3 Instituciones encargadas en financiar proyectos de ahorro de energía

Dentro de las instituciones que pueden otorgar los préstamos para proyectos de eficiencia energética se encuentra FIDE, FIRCO, FIRA, Banobras entre otros.

4.3.1 Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE)

El FIDE apoya a los usuarios a nivel nacional que deseen realizar proyectos de generación de energía eléctrica con sistemas fotovoltaicos interconectados a la red eléctrica de CFE, con financiamiento de hasta el 100% del monto total del proyecto.

Dentro de sus objetivos de esta institución es de realizar acciones que permitan inducir y promover el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica en industrias, comercios y servicios, MIPyMES, municipios, sector residencial y agrícola. El FIDE presta servicios de asistencia técnica a los consumidores, para mejorar la productividad, contribuir al desarrollo económico, social y a la preservación del medio ambiente.



Figura 4.1. Logotipo de la Institución FIDE [Fuente: Portal FIDE]

4.3.2 Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)

El Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), es una entidad paraestatal, creada por Decreto Presidencial (19 de agosto de 1990) y sectorizado en la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), para fomentar los agronegocios, el desarrollo rural por microcuencas y realizar funciones de agente técnico en programas del sector agropecuario y pesquero.

El Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) otorga su apoyo para la suscripción de contratos dentro del marco legal de interconexión para energías renovables en proyectos que aprovechan recursos renovables para la generación de energía eléctrica.

Con el desarrollo de tecnologías de energía renovable, se abre la posibilidad de cubrir y satisfacer necesidades energéticas para el desarrollo de los diversos procesos productivos de los agronegocios.



Figura 4.2. Logotipo de la Institución FIRCO [Fuente: Portal FIRCO]

4.3.3 Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA)

El Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) son cuatro fideicomisos públicos constituidos por el Gobierno Federal Mexicano. Para los cuales funge como fideicomitente la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y como fiduciario el Banco de México. El objetivo de FIRA es otorgar crédito, garantías, capacitación, asistencia técnica y transferencia de tecnología a los sectores agropecuario, rural y pesquero del país. Opera como banca de segundo piso, con patrimonio propio y coloca sus recursos a través de Intermediarios Financieros.

A fin de contribuir a mitigar los efectos del cambio climático, FIRA y SAGARPA conjuntan esfuerzos para apoyar proyectos ambientalmente sustentables, mediante la creación del FONAGA VERDE dentro del Fondo Nacional de Garantías de los Sectores, Agropecuario, Forestal, Pesquero y Rural (FONAGA)

El FONAGA VERDE se constituyó con recursos del “Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía”



Figura 4.3. Logotipo de la Institución FIRA [Fuente: Portal FIRA]

4.3.4 Nacional Financiera (Nafinsa)

El programa que ofrece fue creado para otorgar financiamiento de corto, mediano y largo plazos a empresas o intermediarios financieros nacionales e internacionales que promuevan el desarrollo de proyectos que conlleven hacia un desarrollo ecológico, económico y social, basado en un mejor uso y aprovechamiento de los

recursos naturales y la generación de valor agregado, así como a mitigar los efectos del cambio climático.

Este programa está dedicado para Empresas con proyectos que promuevan el desarrollo de energías renovables, eficiencia energética y el uso de energías limpias que hagan frente al cambio climático.



Figura 4.4. Logotipo de Nacional Financiera [Fuente: Portal NAFINSA]

4.3.5 Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS)

BANOBRAS, y en general la Banca de Desarrollo, cuenta con productos y servicios dirigidos a apoyar proyectos, rentables y de alto impacto social y ambiental, promovidos tanto por el sector público como privado.

Apoya proyectos de generación de energía eléctrica o de aquellos que están relacionados con la eficiencia energética en actividades que consumen y/o producen energía.



Figura 4.5. Logotipo de la institución BANOBRAS [Fuente: Portal BANOBRAS]

4.3.6 Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

El Banco Interamericano de Desarrollo tiene como misión mejorar vidas. Fundado en 1959, el BID es una de las principales fuentes de financiamiento a largo plazo

para el desarrollo económico, social e institucional de América Latina y el Caribe. El BID también realiza proyectos de investigación de vanguardia y ofrece asesoría sobre políticas, asistencia técnica y capacitación a clientes públicos y privados en toda la región. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Fondo de Tecnología Limpia (FTL) cerraron la primera fase de un financiamiento de US\$125 millones para proyectos de eficiencia energética desarrollados por empresas de servicios de energía (ESE) de México mediante la emisión de bonos verdes en el mercado local de capital.



Figura 4.6. Logotipo del Banco Interamericano de Desarrollo [Fuente: Portal BID]

4.3.7 Modelo ESCOs

Las ESCOs (Energy Services Companies), son empresas que están orientadas a mejorar la forma en que se utiliza la energía. Una ESCO ofrece implementar soluciones de eficiencia energética en todo el espectro de proyectos, facilitando el acceso al financiamiento para su ejecución.

4.4 Alternativas de Financiamiento para proyectos de ahorro de energía y eficiencia energética (Sistemas fotovoltaicos)

Los programas financieros para estos proyectos son de recursos Federal, Internacional y Mixtos de las instituciones que anteriormente se han mencionado. Por medio del documento “Guía de Programas de Fomento de Energías Renovables”⁶ de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

⁶http://www.conuee.gob.mx/pdfs/generacion_distribuida/GuiaProgramasFomentoEnergiasRenovablesMunicipiosRepublicaMexicana.pdf

(SEMARNAT), se han extraído los programas financieros para proyectos que incluyen energía solar (Fotovoltaica), que se describen en los siguientes puntos.

4.4.1 Programas de Financiamiento Federal

4.4.1.1 Financiamiento a proyectos de micro generación y cogeneración de energía eléctrica hasta 500 kW

Organismo/Institución: Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE)

Origen del Recurso: Gobierno Federal

Apoyo que otorga: Financiamiento del 100% a proyectos de micro generación y cogeneración de energía eléctrica hasta de 500 kW, para la adquisición e instalación de equipos y sistemas, con el uso de fuentes de energías renovables y alternas: Solar, Eólica, Hidráulica, Biogás, etc. Gas natural.

Monto: No especificado, depende de cada proyecto

Interese: Tasa preferencial por debajo de la banca comercial

Tiempo de devolución: Hasta 60 pagos mensuales (5 años)

Duración del trámite: Un mes a partir de que el Municipio entregue la documentación requerida.

Requisitos	Cobertura
<ul style="list-style-type: none">• Solicitud de apoyo (Descargar de la página de FIDE)• Último año de facturación de energía eléctrica• Monto de la inversión <p>Si es candidato a obtener el financiamiento, el Municipio deberá presentar al FIDE, el estudio técnico-económico, donde se demuestren los ahorros esperados en energía eléctrica y verificar que el proyecto es viable y cumple con el retorno de la inversión menor o igual a 7 años. Cuando el proyecto cumple con los requerimientos de FIDE, se firma contrato tripartita Consultor/Proveedor-Municipio-FIDE. La recuperación del financiamiento se garantizará mediante la firma de pagarés por parte del Municipio.</p>	<p>Financiamiento del 100% a proyectos de desarrollo tecnológico y el uso de tecnologías de punta que propicien reducir la demanda y el consumo eléctrico, mejorando los procesos o usos finales de la energía</p>

[Fuente: Guía de Programas de Fomento de Energías Renovables, CONUEE 2015]

4.4.1.2 Financiamiento a municipios para proyectos de ahorro y eficiencia energética

Organismo/Institución: Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE)

Origen del Recurso: Gobierno Federal

Apoyo que otorga: Financiamiento del 100% a proyectos de Ahorro de Energía y de Eficiencia Energética.

Monto: No especificado, depende de cada proyecto

Intereses: Tasa preferencial por debajo de la banca comercial

Tiempo de devolución: Máximo retorno de inversión de 36 meses

Requisitos	Cobertura
<ul style="list-style-type: none">•NO tener adeudos con CFE ni FIDE.•Que la tecnología seleccionada por la Autoridad MUNICIPAL, garantice ahorrar lo suficiente, para que a través de los Ahorros reflejados en el RECIBO DEL CONSUMO DE CFE se pague el financiamiento otorgado.•Llenar la solicitud de financiamiento.•Acuerdo de Cabildo.•Contratos de Ejecución de los Trabajos.•Evaluación técnico -económica o ficha técnica del proyecto.	<p>Proyectos que contribuyen al mejoramiento del medio ambiente.</p> <p>Tecnologías que se financian:</p> <ul style="list-style-type: none">• Bombas de alta eficiencia• Lámparas de vapor de sodio de baja presión• por lámparas de alta descarga• Balastos electrónicos• Lámparas T-5 y T-8 por cambio total de luminarias a T5• Acondicionadores de aire y sistemas de refrigeración eficiente• Diodos emisores de luz (LEDs)

[Fuente: Guía de Programas de Fomento de Energías Renovables, CONUEE 2015]

Duración del trámite: Un mes y medio a partir de que el Municipio entregue la documentación requerida.

4.4.1.3 Financiamiento a proyectos de desarrollo tecnológico que impacten el mercado y propicien el ahorro y la eficiencia energética

Organismo/Institución: Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE)

Origen del Recurso: Gobierno Federal

Apoyo que otorga: Financiamiento a proyectos para la instalación equipos y sistemas de cogeneración hasta de 500 kW, con energías alternas.

Tecnologías: Hidrógeno, Gas natural comprimido, Gas LP, Biogás, Solar, Eólica, Hidráulica, etc. Los apoyos a estos proyectos son aplicables a industrias, comercios, servicios, y municipios. Es aplicable aun cuando se esté realizando otro tipo de proyecto.

Monto: No especificado, depende de cada proyecto

Intereses: Tasa preferencial por debajo de la banca comercial

Tiempo de devolución: Hasta 60 pagos mensuales (5 años)

Requisitos	Cobertura
<ul style="list-style-type: none">•Solicitud de apoyo•Último año de facturación de energía eléctrica•Monto de la inversión•Llenar solicitud (Página de FIDE) <p>Si es candidato a obtener el financiamiento, el Municipio deberá presentar al FIDE, el estudio técnico-económico, donde se demuestren los ahorros esperados en energía eléctrica y verificar que el proyecto es viable y cumple con el retorno de la inversión menor o igual a 7 años.</p> <p>Cuando el proyecto cumple con los requerimientos de FIDE, se firma contrato tripartita Consultor/Proveedor-Municipio FIDE.</p> <p>La recuperación del financiamiento se garantizará mediante la firma de pagarés por parte del Municipio.</p>	<p>Financiamiento del 100% a proyectos de desarrollo tecnológico y el uso de tecnologías de punta que propicien reducir la demanda y el consumo eléctrico, mejorando los procesos o usos finales de la energía.</p> <p>Sistemas de iluminación.</p> <p>Mejora de productos ahorradores de energía.</p>

[Fuente: Guía de Programas de Fomento de Energías Renovables, CONUEE 2015]

Duración del trámite: Un mes a partir de que el Municipio entregue la documentación requerida.

4.4.1.4 Programa SAGARPA-Banco Mundial-FIRCO

Organismo/Institución: SAGARPA

Origen del Recurso: Gobierno Federal

Apoyo que otorga: El gobierno de México a través de la SAGARPA (en colaboración con el Banco Mundial, y el FIRCO), financiarán con Crédito Externo del Banco mundial de 50.0 millones de dólares y un Donativo del Fondo Mundial del Medio Ambiente por 10.5 millones de dólares. Para un plan de instalación de tecnologías de energías renovables y de eficiencia energética en agronegocios en el ámbito rural.

Monto: No especificado, y se distribuirá de la siguiente manera: 50% por parte del beneficiario, 50% por SAGARPA

Intereses: No aplica

Tiempo de devolución: No aplica

Combinación de apoyos: Gobierno Mexicano + Crédito BM + Donativo GEF + Aportación Productores.

Requisitos	Cobertura
<p>Se atenderán aquellos proyectos que cumplan con los lineamientos establecidos por la SAGARPA y por cada Programa Especial concertado y ejecutado por el FIRCO, en donde se incluyan componentes de energía renovable (sistemas térmicos solares, sistemas de biodigestión y sistemas fotovoltaicos conectados a red), así como prácticas y medidas de eficiencia energética (sustitución de cámaras de frío, sustitución de motores de alta eficiencia, iluminación, instalación de variadores de frecuencia, entre otros) y sistemas de autogeneración de energía eléctrica a partir de biogás (motogeneradores).</p> <p>Asimismo, el Proyecto considera la realización de cursos y talleres en esta materia, así como la elaboración, promoción y difusión de material didáctico, a fin de que los productores conozcan los beneficios por la implementación de estas tecnologías ambientalmente sustentables.</p> <p>Para que las inversiones sean canalizadas, los Proyectos deberán ser viables técnica, económica, financiera y ambientalmente.</p> <p>En el caso de eficiencia energética, para el otorgamiento de los apoyos, los proyectos deberán estar sustentados con un Diagnóstico Energético.</p> <p>Todos los proyectos apoyados en el marco de este Programa, deberán estar acordes a las</p> <p>Políticas de Salvaguarda y con el procedimiento de prácticas comerciales establecidas por el Banco Mundial.</p> <p>Asimismo, se dará seguimiento de los indicadores ambientales y energéticos por la instalación de los Proyectos.</p>	<p>Estas acciones se enfocan a productores de mediana escala y en una primera etapa, se logrará beneficiar el 50 por ciento de las granjas porcícolas y de ganado lechero en prácticamente todos los estados del país</p> <p>Asimismo se atenderá en gran medida a establecimientos TIF, que por sus altos consumos de agua caliente y energía eléctrica, tienen el potencial de instalar calentadores solares o aplicar prácticas y medidas de eficiencia energética.</p>

[Fuente: Guía de Programas de Fomento de Energías Renovables, CONUEE 2015]

Duración del trámite: 60 días máximo una vez cubiertos todos los requisitos.

4.4.1.5 Proyecto de energía renovable y eficiencia energética

Organismo/Institución: FIRCO / SAGARPA

Origen del Recurso: Gobierno Federal (Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía)

Apoyo que otorga: dentro de los Lineamientos de Política de la Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), se han instrumentado diversas acciones buscando fomentar el uso y aplicaciones de las fuentes de energías renovables en el sector agropecuario, con el fin de generar un desarrollo rural sustentable, que coadyuve a disminuir los impactos negativos al medio ambiente.

Monto: De acuerdo al proyecto

Intereses:

Tiempo de devolución:

Requisitos	Cobertura
<p>1) Solicitud de apoyo suscrita por el productor interesado y/o los representantes legales y presentarla en la Gerencia Estatal del FIRCO</p> <p>2) Plan de Negocios que demuestre viabilidad técnica, financiera y ambiental.</p> <p>3) Carta suscrita por persona física, la autoridad correspondiente o el representante legal de la institución participante, en la cual establezca el compromiso de entregar su aportación necesaria para llevar a cabo el proyecto.</p> <p>En lo que corresponde a las energías renovables, se deberá presentar el Guion Establecido para cada una de las tecnologías ya sea que se trate de la construcción de un biodigestor, la adquisición de un motogenerador, un sistema térmico solar o bien un sistema fotovoltaico conectado a red.</p> <p>Para los Sistemas Fotovoltaicos Autónomos para bombeo de agua y para refrigeración, solo será necesario entregar la Ficha Técnica de los sistemas para solicitar el apoyo</p>	<p>El Proyecto estará orientado a productores y empresarios del sector rural, integrados en organizaciones económicas o empresas legalmente constituidas conforme a la legislación mexicana, que busquen agregar valor a la producción primaria, diversificar sus fuentes de ingreso y empleo, o mejorar su inserción en la cadena producción – consumo, siempre y cuando hagan uso de las energías renovables en sus procesos productivos.</p>

[Fuente: Guía de Programas de Fomento de Energías Renovables, CONUEE 2015]

Duración del trámite: 60 días máximo una vez cubiertos todos los requisitos.

4.4.1.6 Créditos para inversión pública productiva a municipios

ORGANISMO/INSTITUCIÓN: NACIONAL FINANCIERA

ORIGEN DEL RECURSO: Gobierno Federal

APOYO QUE OTORGA: Apoyo para proyectos de ahorro de energía. Proyectos de energía renovable. Fomento de proyectos de innovación tecnológica

MONTO: Hasta 125 MDP o 62.5 MDP de riesgo

Requisitos	Cobertura
<p>Un estudio de viabilidad o de pre-factibilidad</p> <p>Un resumen de información detallada que incluya la descripción, ubicación y los antecedentes sobre los elementos clave del proyecto, tales como la situación de los permisos, las licencias, garantías y el financiamiento.</p> <p>Un desglose de los costos de los proyectos previstos y los gastos de la fase inicial de planificación</p> <p>Un resumen del plan de financiamiento del proyecto</p> <p>Los términos de la deuda y las inversiones de capital; las fuentes de financiamiento en el caso de sobrecostos del proyecto y una descripción de las reservas de contingencia y las cuentas de depósito en garantía.</p> <p>Reportes de los estados financieros anuales auditados por los últimos cinco años fiscales; un reporte financiero proforma del año en curso y el presupuesto para el año fiscal siguiente.</p> <p>Un informe por un experto que indique, entre otras cosas: la condición actual del proyecto; propuesta de expansión y mejoras, cumplimiento de las normas y reglamentos</p> <p>Una estimación detallada de los gastos de funcionamiento.</p> <p>Una descripción detallada de las medidas adoptadas para cubrir el riesgo de terminación anticipada del proyecto,</p> <p>La ejecución del proyecto y calendario en su versión definitiva de desembolsos.</p> <p>Un plan de operaciones y mantenimiento, incluyendo en su caso, pólizas de servicio.</p>	<p>Proyectos Sustentables y de Cambio Climático</p> <p>Apoyo para proyectos de ahorro de energía</p> <p>Proyectos de energía renovable</p> <p>Fomento de proyectos de innovación tecnológica</p>

[Fuente: Guía de Programas de Fomento de Energías Renovables, CONUEE 2015]

COMBINACIÓN DE APOYOS: Existe un Esquema de Apoyo de Garantía Selectiva que consiste en que un Intermediario Financiero otorgue los recursos al proyecto y NAFIN participa con el 50% como garantía

4.4.1.7 Programas de apoyo a proyectos sustentables

Organismo/Institución: NACIONAL FINANCIERA

Origen del Recurso: Gobierno Federal

Apoyo que otorga: Apoyo financiero a largo plazo a empresas que promuevan proyectos orientados al uso y conservación sustentable de los recursos naturales, a fin de disminuir la contaminación de la atmósfera, aire, agua y fomento del ahorro y uso eficiente de energía.

Monto: Diseño, estructuración e implementación de esquemas de financiamiento conforme a las características particulares de cada proyecto, en moneda nacional o dólares.

Intereses: Tasas de mercado.

Tiempo de devolución: Hasta 20 años

[Fuente: Guía de Programas de Fomento de Energías Renovables, CONUEE 2015]

Requisitos	Cobertura
<p>Ser una empresa legalmente constituida.</p> <p>Contar con los permisos y / o autorizaciones requeridas por las diferentes entidades gubernamentales y organismos regulatorios que establecen los términos y condiciones de los proyectos sustentables conforme a sus características:</p> <p>De la Comisión Reguladora de Energía (CRE) para la generación de electricidad, en su caso.</p> <p>De la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para la transmisión y distribución de electricidad, en su caso.</p> <p>De la SEMARNAT, la manifestación de impacto ambiental en su caso y todos aquellos que apliquen de conformidad con las características particulares de cada proyecto</p> <p>Documentación en original y copia:</p> <p>Información general del proyecto:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Información general del solicitante (acreditado potencial): nombre, dirección, teléfono, fax, e-mail. 2. Descripción breve del proyecto 3. Impacto ambiental y beneficios sociales 4. Costo total del proyecto desglosado por rubro de inversión 5. Calendario programado de disposiciones <p>Participantes en el proyecto:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Información sobre los accionistas y grupo de control. 2. Estructura organizacional. 3. Compradores de la energía, en su caso. 4. Proveedores de tecnología 5. Ingeniería y construcción del proyecto. 	<p>Para Empresas con proyectos que promuevan el desarrollo de energías renovables, eficiencia energética y el uso de energías limpias que hagan frente al cambio climático.</p> <p>Acceso a financiamiento a través de intermediarios nacionales y extranjeros, organismos internacionales y fondos de inversión, ajustándose a las necesidades de los clientes.</p>

Combinación de apoyos: Existe un Esquema de Apoyo de Garantía Selectiva que consiste en que un Intermediario Financiero otorgue los recursos al proyecto y NAFIN participa con el 50% como garantía.

4.4.2 Programas de Financiamiento Privados o mixtos

4.4.2.1 Créditos a proyectos sustentables

Organismo/Institución: GRUPO FINANCIERO INTERACCIONES

Origen del Recurso: Banca Privada

Apoyo que otorga: Financiamiento para Gobiernos Estatales y/o Municipales

Inversión Pública Productiva. Reestructuraciones de pasivos. Capital de trabajo (Gasto Corriente). Emisiones de deuda. Arrendamiento de Proyectos de Infraestructura. Diversos esquemas de Asociación Público Privada.

Monto: Cantidad que permita que sus finanzas públicas no se presionen demasiado y que la deuda sea sostenible. Para cada municipio se determina su capacidad de endeudamiento.

Tiempo de devolución: El plazo de los financiamientos depende de la madurez de los proyectos que se pretenda financiar.

[Fuente: Guía de Programas de Fomento de Energías Renovables, CONUEE 2015]

Requisitos	Cobertura
<p>Cada estado tiene su propia ley de deuda pública, que es el instrumento en el que se norma la contratación de deuda de los municipios de dicho estado. Cada ley es diferente, por lo que los requisitos específicos para la contratación dependerán del estado de que se trate.</p> <p>Sin embargo lo común es que para que un municipio contrate deuda pública se requiere:</p> <p>a) En todos los casos, es indispensable la autorización de su cabildo a la contratación y a la afectación de sus participaciones o del FAIS.</p> <p>b) Dependiendo del Estado de que se trate y del tipo de financiamiento y plazo del mismo, se podría requerir la autorización de la legislatura del estado para la contratación y la afectación de sus participaciones o del FAIS.</p> <p>Se apoya a los municipios en el proceso asesorándolos con los términos de las autorizaciones y presentando los casos ante sus cabildos o ante el congreso cuando así se estime conveniente.</p>	<p>Financiamiento para: Inversión Pública Productiva.</p> <p>Reestructuración de pasivos. Capital de trabajo (Gasto Corriente).</p> <p>Emisiones de deuda. Arrendamiento de Proyectos de Infraestructura. (proyectos de ahorro de energía, fuentes alternas de energía o energías renovables)</p> <p>Diversos esquemas de Asociación Público Privada.</p> <p>Diseño de esquemas de financiamiento a la medida</p>

Duración del trámite: 2 días una vez cubierto los requisitos

Combinación de apoyos: La fuente de pago principal serían los ingresos que genere el proyecto. (Ahorro en el pago de energía eléctrica, derechos u otros ingresos por la generación del fluido eléctrico, entre otros).

La fuente de pago alterna sería la afectación de las participaciones que en ingresos federales (Ramo 28) le correspondan al municipio de acuerdo a la Ley de Coordinación Fiscal.

Otra posibilidad: afectar hasta el 25% del fondo de infraestructura social municipal (FAIS del Ramo 33) que le corresponda al Municipio cada año.

4.4.3 Programas de Financiamiento Internacional

4.4.3.1 Créditos para inversión pública productiva a municipios

Organismo/Institución: BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID)

Origen del Recurso: Organismo Internacional

Apoyo que otorga:

- Préstamos y asistencia técnica.
- Préstamos de inversión
- Préstamos de política
- Préstamos de emergencia
- Cooperación técnica
- Mecanismos para la preparación de proyectos

Monto: Para preparación de Proyectos hasta US\$1,5 millones financiamiento por proyecto US\$5 millones

Intereses: Tasas de mercado, términos y condiciones estándares.

Requisitos	Cobertura
Ser país miembro, latinoamericanos y del Caribe Los ámbitos que tienen prioridad son aquellos destinados a la reducción de la pobreza e inequidad mediante inversiones en las áreas de educación, salud, así como en el desarrollo de las microempresas que benefician a grupos de bajos ingresos. Igual mente, constituyen sectores prioritarios la modernización del Estado, la integración económica y la protección del medio ambiente.	Fuentes de energía limpia y sostenible, promoviendo biocombustibles. Proyectos de energía renovable y eficiencia energética. El propósito de la Iniciativa de Energía Sostenible y Cambio Climático (SECCI) es apoyar a la región para encontrar opciones energéticas desde el punto de vista ambiental como económico.

[Fuente: Guía de Programas de Fomento de Energías Renovables, CONUEE 2015]

4.4.3.2 Créditos para inversión pública productiva a municipios

Organismo/Institución: BANCO EUROPEO DE INVERSIONES (BEI)

Origen del Recurso: Organismo Internacional

Apoyo que otorga: A proyectos que tienen una dimensión de mejoras del medioambiente, incluido en las energías renovables, y Seguridad energética de la UE.

Monto: El BEI puede participar en proyectos con un coste de inversión mínima de 50 millones de euros, pudiendo financiar hasta un 50% del coste del proyecto (la financiación es, por tanto, complementaria a otras fuentes de financiación).

Intereses: Tasa fija o variable que se determinará en función del plazo y de acuerdo al riesgo del proyecto. (Bajo coste, pues el BEI opera sin ánimo de lucro)

Tiempo de devolución: Medio y largo plazo

Requisitos	Cobertura
<p>Los proyectos financiados por el BEI deben:</p> <ul style="list-style-type: none">• estar económicamente justificados• ser técnicamente viables• ser autosuficientes desde el punto de vista financiero• y acordes con normativa medioambiental	<p>La financiación del BEI en América Latina se centra prioritariamente en los siguientes ámbitos:</p> <ol style="list-style-type: none">1) mitigación del cambio climático y adaptación a sus efectos (por ejemplo, energías renovables, eficiencia energética, transporte urbano y otros proyectos que reduzcan las emisiones de CO₂);2) el desarrollo de la infraestructura social y económica, en particular en energía así como en infraestructura medioambiental, incluyendo agua y saneamiento y3) el desarrollo del sector privado local, en particular el apoyo a las Pymes.

[Fuente: Guía de Programas de Fomento de Energías Renovables, CONUEE 2015]

4.4.3.3 Financiamiento para proyectos de energías renovables y eficiencia energética

Organismo/Institución: Ministerio alemán de Cooperación y Desarrollo Económico / Banco de Crédito para la Reconstrucción y el Desarrollo (KfW) a través de Nacional Financiera, SNC (NAFIN)

Origen del Recurso: Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo de la República Federal Alemana (BMZ) y KfW

Apoyo que otorga: Línea de crédito medioambiental

Monto: Fondo de 31.2 millones de Euros

Intereses: Tasa fijada por el intermediario financiero (bancos comerciales).

Tiempo de devolución: El plazo del financiamiento depende de los proyectos.

Requisitos	Cobertura
<p>Solicitud de crédito y diseño del proyecto, mismos que serán sujetos a autorización del banco comercial, siguiendo los criterios de la línea de crédito entre NAFIN y KfW.</p> <p>OBSERVACIONES El prestatario, en la mayoría de los casos la banca de desarrollo del país contraparte, frecuentemente contrata consultores locales y/o extranjeros para la preparación y la ejecución del proyecto. Los detalles con respecto a los servicios y selección de consultores se definen para cada proyecto en el respectivo contrato de préstamo o de aporte financiero. La contratación de consultores se realiza a través de licitación. Los contratos de bienes y servicios también se realizarán sobre la base de licitación.</p>	<p>Créditos para Pymes a través de Nacional Financiera para proyectos de Energías Renovables y Eficiencia Energética.</p> <p>El objetivo es financiar medidas medioambientales en las Pymes vinculadas a la industria y al sector servicios, a fin de permitir una reducción en el impacto negativo al medioambiente, y favorecer un uso eficiente de los recursos naturales.</p> <p>Este apoyo contempla la asesoría y el acompañamiento de las Pymes para planeación de inversiones y preparación de documentación para la solicitud del préstamo.</p>

[Fuente: Guía de Programas de Fomento de Energías Renovables, CONUEE 2015]

4.5 Barreras de la tecnología Fotovoltaica

A pesar de que la tecnología fotovoltaica es una muy buena opción para la generación de energía, aún tiene obstáculos que le han impedido un gran desarrollo en cuestión de sistemas fotovoltaicos conectados a la red en nuestro país. Para poder implementar soluciones a estos problemas que se presentan, se deben conocer algunas de estas barreras, las cuales se analizan en este punto.

4.5.1 Financieras

- El monto de la inversión inicial es elevado.
- Altos costos de transacción (burocracia excesiva en los procedimientos administrativos para la interconexión y/o para la compra-venta de electricidad).
- Falta o limitada oferta de financiamiento bajo condiciones competitivas.

4.5.2 Legales, regulatorias y normativas

- No se reconocen los beneficios ambientales.
- Falta de estándares que garanticen el desempeño, la durabilidad y la instalación de los sistemas.

4.5.3 Técnicas

- Bajo nivel de desempeño y eficiencia de los sistemas.
- Los proveedores de materiales y diseñadores no toman en cuenta las necesidades de los compradores.

4.5.4 Por falta de capacidades

- Los productos y servicios ofrecidos no alcanzan todavía la etapa de madurez.
- No se agota la disponibilidad del usuario a invertir en estos sistemas.

4.5.5 Por falta de información

- No existe suficiente información sobre el mercado potencial, por lo que los fabricantes no saben cómo llegar a sus posibles compradores.
- Los fabricantes de equipo y distribuidores no proporcionan suficiente información a los posibles compradores (beneficios económicos, financieros y ambientales).
- Incertidumbre sobre el desempeño técnico de los sistemas.
- Falta de información sobre el agotamiento de recursos no renovables y sus posibles afectaciones en la economía nacional.

4.6 Incentivos para fomentar el uso de la tecnología Fotovoltaica

Como ya se ha mencionado, las barreras que tiene esta tecnología se pueden romper implementando estrategias para incentivar el uso de los sistemas fotovoltaicos, en este apartado se citan algunas de esas estrategias diseñadas mediante el análisis de dichas barreras.

Incluir incentivos financieros de largo plazo, así como reducciones en los años posteriores con el objeto de fomentar la innovación tecnológica; estos incentivos tienen como finalidad mejorar el desempeño económico de los sistemas, a continuación se hace mención de uno de ellos.

Depreciación Acelerada:

Es un beneficio fiscal que se otorga sólo a personas morales para la inversión en proyectos de energía renovable, y se encuentra establecida en el Artículo 40 de la Ley del Impuesto Sobre la Renta (LISR) desde el 2005.

Usualmente este mecanismo fiscal es aplicable a proyectos comerciales y sus características principales son las siguientes:

- Prevé la depreciación acelerada hasta por el 100% durante el primer año, de la maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables.
- Se sujeta a una operación mínima de 5 años. Ésta es una condición para asegurar el cumplimiento del propósito de generación limpia.

Elaborar estudios de mercado e implementar campañas informativas (tecnología, costos, instalación, operación y mantenimiento, etc.), con la intención de identificar a los posibles participantes, así como sus necesidades y sensibilizarlos.

Considerar elementos que garanticen el desempeño de los sistemas (confiabilidad, eficiencia de conversión, facilidad de instalación), los cuales pueden incluir rendimientos garantizados, etiquetados y estándares de calidad para equipos, instalaciones, instaladores y técnicos.

Ajustar las condiciones regulatorias y/o reducir las variaciones en el precio de los energéticos, especialmente para nivelar las condiciones bajo las que se compara el costo de la electricidad generada por estos sistemas y aquellas provenientes de fuentes convencionales (externalidades, subsidios, etc.), por ejemplo: prioridad en la recepción de la energía generada con fuentes renovables, otorgamiento de tarifas preferenciales, el establecimiento de metas de participación en términos de capacidad o del total de la energía generada, o bien, a través de descuentos o incentivos fiscales.

Hacer la información de dominio público, mediante la difusión en medios masivos de comunicación acerca de los beneficios de los sistemas FV, incluyendo la generación de empleos, beneficios ambientales, entre otros; y

Crear transparencia en el mercado, con la intención de ayudar a reducir los costos de transacción para los consumidores, por ejemplo, en los procesos relacionados con el desarrollo del proyecto, así como la estandarización de contratos y procedimientos.

CAPÍTULO 5: FINANCIAMIENTO DE UN PROYECTO FV APLICADO A LA INDUSTRIA QUÍMICA, COMO EJEMPLO DE CASO

Como se ha citado en el capítulo anterior, existen alternativas de financiamiento para proyectos enfocados al uso de energías renovables (en especial el uso de energía solar), a empresas que están decididas a contribuir al medio ambiente. Pero en muchos casos, estos programas se desconocen porque no hay una difusión de ellos y/o la información no se encuentra recopilada como una fuente de consulta para nuevos emprendedores.

Ya una vez revisadas las distintas alternativas que tiene la industria, en este apartado se hará un análisis de un caso real sobre el consumo de energía eléctrica de una empresa perteneciente al sector industrial en el ramo químico que se encarga del desarrollo, fabricación y venta de recubrimientos líquidos y en polvo para vehículos. Este análisis tiene como objetivo principal, la evaluación para implantar un sistema fotovoltaico interconectado, así como aplicar la mejor o posible alternativa de financiamiento, que se adapte mejor a este proyecto.

Antes de abordar el caso de ejemplo, hay elementos que se deben definir como son las distintas tarifas eléctricas que existen en el país.

5.1 Tarifas eléctricas en México

La generación de energía eléctrica inició en México a fines del siglo XIX. A partir de octubre de 2009, La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es la encargada de brindar el servicio eléctrico en todo el país

En el actual sistema tarifario, por su aplicación, las tarifas se clasifican en:

Tarifas específicas, Tarifas generales, tarifas de respaldo y servicio interrumpible.

5.1.1 Tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica

- TARIFAS ESPECÍFICAS
 - Domésticas (1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F)
 - Domésticas de Alto Consumo (DAC)
 - Servicios Públicos (5, 5-A y 6)
 - Agrícolas (9, 9M, 9-CU, 9-N)
 - Temporal (7)
- TARIFAS GENERALES
 - Baja tensión (2 y 3)
 - Media tensión (O-M, H-M y H-MC)
 - Alta tensión (HS, HS-L, HT y HT-L)
- TARIFAS DE RESPALDO
 - (HM-R, HM-RF, HM-RM, HS-R, HS-RF, HS-RM, HT-R, HT-RF, HT-RM)
- TARIFAS DE SERVICIO INTERRUMPIBLE
 - (I-15 e I-30)

5.1.2 Tarifas específicas: Domésticas

- TARIFA No.1: Servicio Doméstico
- TARIFA 1-A: Servicio Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 25 grados centígrados
- TARIFA 1-B: Servicio Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 28 grados centígrados
- TARIFA 1-C: Servicio Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 30 grados centígrados
- TARIFA 1-D: Servicio Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 31 grados centígrados

- TARIFA 1-E: Servicio Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 32 grados centígrados

5.1.3 Tarifas específicas: Servicios públicos, temporal y agrícolas

- TARIFA No. 5: Servicio para Alumbrado Público
- TARIFA No. 5-A: Servicio para Alumbrado Público
- TARIFA No. 6: Servicio para bombeo de aguas potables o negras, de servicio público
- TARIFA No. 7: Servicio Temporal
- TARIFA No. 9: Servicio para bombeo de agua para riego agrícola en baja tensión
- TARIFA No. 9M: Servicio para bombeo de agua para riego agrícola en media tensión

5.1.4 Tarifas Generales

- EN BAJA TENSIÓN
 - TARIFA No. 2: Servicio General hasta de 25 KW de demanda
 - TARIFA No. 3: Servicio General para más de 25 KW de demanda
- EN MEDIA TENSIÓN
 - TARIFA O-M: Tarifa ordinaria para Servicio General en media tensión con demanda menor a 100 KW
 - TARIFA H-M: Tarifa Horaria para Servicio General en media tensión, con demanda de 100 KW o más
- EN ALTA TENSIÓN
 - TARIFA H-S: Tarifa horaria para Servicio General en alta tensión, nivel subtransmisión
 - TARIFA H-SL: Tarifa horaria para Servicio General en alta tensión, nivel subtransmisión, para larga utilización
 - TARIFA H-T: Tarifa horaria para Servicio General en alta tensión, nivel transmisión

- TARIFA H-TL: Tarifa horaria para Servicio General en alta tensión, nivel transmisión, para larga utilización

5.1.5 Tarifas de respaldo

- TARIFA HM/HS/HT-R: Tarifa horaria para el servicio de respaldo para falla y mantenimiento en media tensión, alta tensión, nivel subtransmisión y nivel transmisión.
- TARIFA HM/HS/HT-RF: Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla en media tensión, alta tensión, nivel subtransmisión y nivel transmisión.
- TARIFA HM/HS/HT-RM: Tarifa horaria para servicio de respaldo para mantenimiento programado en media tensión, alta tensión, nivel subtransmisión y nivel transmisión.

5.1.6 Tarifas de Servicio Interrumpible

- TARIFA I-15: Tarifa para Servicio Interrumpible con Demanda Máxima Medida mayor o igual a 10,000 kilowatts
- TARIFA I-30: Tarifa para Servicio Interrumpible con Demanda Máxima Medida mayor o igual a 20,000 kilowatts

Los costos de estas tarifas se pueden consultar en el apartado de los anexo. Ya establecido el tipo de tarifas existentes en el país, se procede a realizar el análisis al caso ejemplo para la instalación del sistema.

5.2 Caso ejemplo para la implementación de un sistema fotovoltaico a la industria

5.2.1 Objetivos

Sentar las bases para seleccionar y dimensionar un SFV interconectado para cubrir los requerimientos energéticos en cuestión de electricidad en el periodo intermedio.

5.2.2 Alcances

- Elaboración de un Análisis Energético que: determine el balance energético de la planta, analice los consumos y costos asociados, defina la línea de referencia eléctrica.

- Elaboración de una propuesta de un sistema fotovoltaico que: describa el funcionamiento y los componentes del sistema seleccionado, presente los balances de energía y diagramas esquemáticos de la instalación así como los costos operativos y ahorros esperados.

5.2.3 Bases diseño

5.2.3.1 Información General de la Planta

Perteneciente a la industria química, la planta se encarga del desarrollo, fabricación y venta de recubrimientos líquidos y en polvo para vehículos. Por confidencialidad no se puede conocer el detalle de los procesos principales de la planta. En la tabla 5.1 se presentan las principales requerimientos de la planta.

1.- DATOS GENERALES			
Nombre de la Empresa:			
Rama Industrial:		INDUSTRIA QUIMICA	
Productos Principales:		PINTURAS	
Año de Inicio de Actividades:		-	
Hec de construcción:		---	
Hec de terreno:		---	
2.- UBICACIÓN			
Corporativo y/u Oficinas:		Condiciones Climáticas:	
Calle:		Temperatura Media: 19.1 °C	
Colonia:		Temperatura Mínima: 6 °C	
Localidad: Tlalnepantla de Baz		T. Bulbo húmedo: 0 °C	
Municipio y Estado: México		Humedad Relativa Media: 62.2 %	
C.P.:		Altitud (M SNM):	
Teléfono y Fax:		Presión Media (mm. De Hg):	
3.- TIEMPO DE OPERACIONES Y PERSONAL			
Régimen de operación		Continuo: <input type="checkbox"/> Por Temporada: <input type="checkbox"/>	
Días por Semana: 6		Número de turnos: 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>	
Horas de Operación por Año:		Teóricas: Reales:	
Número de Empleados: ---		Número de Obreros: --- Total: ---	
4.- MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS PRINCIPALES			
Materia Prima:	Consumo:	Producido:	Producción total:
	---	PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS	
5.- CONSUMOS ENERGÉTICOS			
5.1.- Electricidad:			
Tarifa:		HM	Región: CENTRO
KWh / mes:		757.722	Demanda Máx. Recorrida: 1.730
Demanda de Punta:		1.667	Factor de Potencia: 94.86%
Factor de Carga (%):		62%	Importe sin IVA: \$ 15.968.016
Suministro eléctrico:		CFE	Costo unitario (\$/KWh): \$ 1.703
No. de motores:			No. de Subestaciones: 5
Observaciones:			
5.2.- Combustible:			
Tipo:		Gas Natural	Consumo Mensual de m3: 64.088
Costo (\$/GJ):		74.05	Fact. Mensual: ---
Aplicación:		Caldera de vapor, calentador de aceite térmico	Cap. de almacenamiento: ---
Observaciones:			
5.3.- Cogeneración:			
NO APLICA			
Sistema empleado:		---	Q / E: ---
KWe:		---	kW term: ---
KWc:		---	Costo unitario (\$/KWh): ---
Consumo de Comb. (t/ahr):		---	Aplicación de KWc: ---
Observaciones:			
5.4.- Vapor:			
No. de generadores:		1	Generación (Ton/mes): ---
Capacidad de generadores:		---	Presión de operación: 5.5 kg/cm2
Observaciones:			
6.- PERSONAL RELACIONADO CON EL PROYECTO			
Nombre:		e-mail:	Cargo:
			Ing. Eléctrico y Proyectos
Fecha:		03-jun-15	

Tabla 5.1 Información general de la planta

5.2.4 Esquema de las instalaciones de la Planta

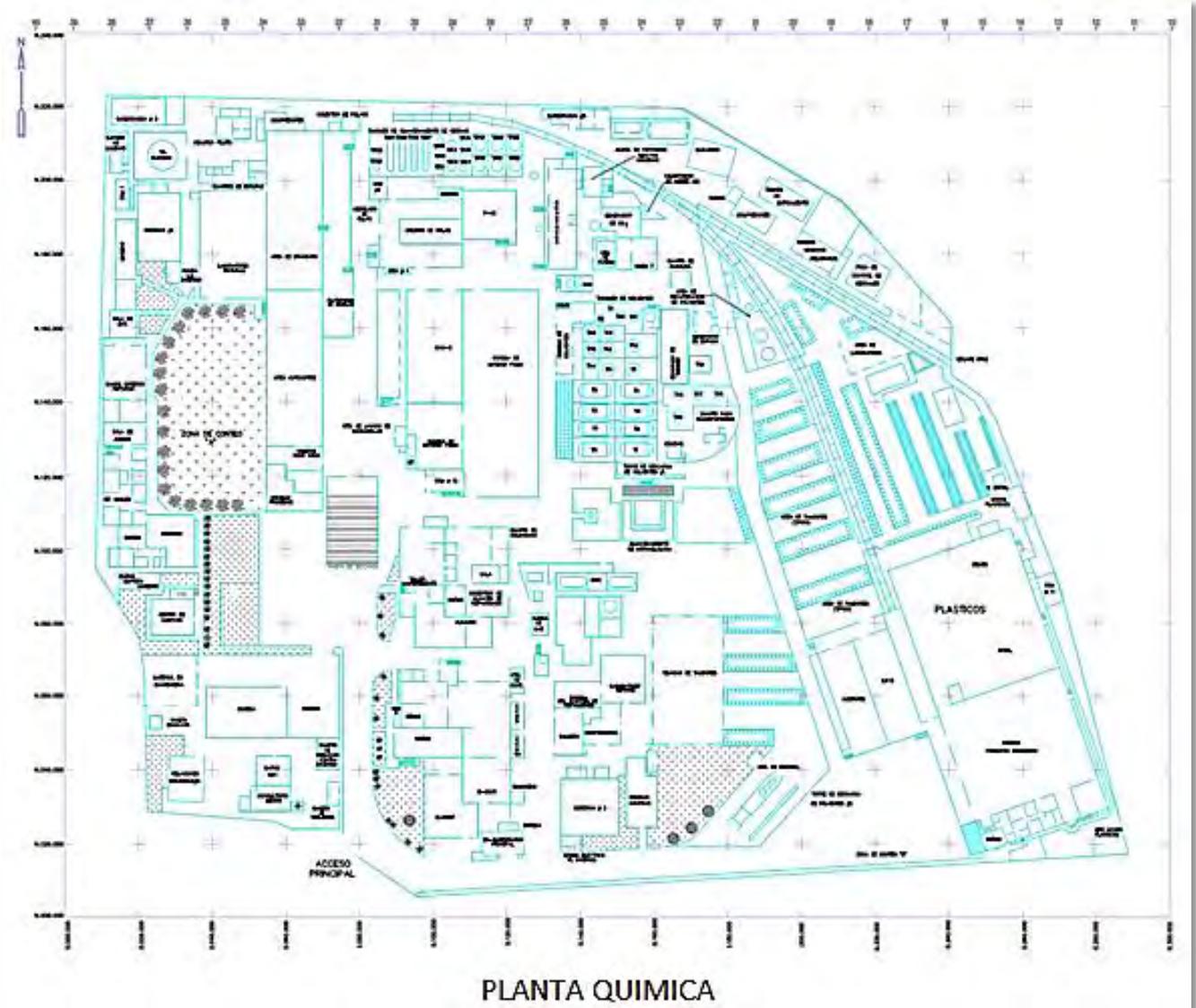


Figura 5.1 Esquema de las instalaciones [Fuente: Imagen proporcionada por la industria]

5.2.5 Análisis de los consumos y demandas energéticas

En este apartado, se procede a analizar las demandas y consumos eléctricos de la planta, a partir de los recibos de CFE, así como las características de

funcionamiento de las instalaciones indicadas por el personal de la planta (horarios, días laborados, etc.).

El análisis se efectúa de la siguiente forma:

- Energía eléctrica
 - Análisis de la factura eléctrica
 - Análisis de la demanda eléctrica – perfil horario en un año
 - Análisis de incremento de costos

Como dato adicional, no se proporcionó información acerca de la producción de la planta así que no se pudo llevar a cabo el análisis de la relación entre producción y consumo energético actual.

5.2.6 Energía eléctrica

5.2.6.1 Tarifa aplicable

La planta cuenta con una tarifa horaria en media tensión (HM), región central, con una demanda contratada de 3,705 kW y una carga conectada de 3,705 kW. Los horarios están distribuidos en tres periodos: base, intermedio y punta. Dependiendo de las temporadas del año, es el tiempo que proceden los periodos, para la región central a la que pertenece esta industria, en la tabla 5.2 se muestra esta distribución de tiempo:

Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre

DÍA DE LA SEMANA	BASE	INTERMEDIO	PUNTA
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 20:00 22:00 - 24:00	20:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
domingo y festivo	0:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

Tabla 5.2 Horarios por periodo en tarifa H-M [Fuente: Información proporcionada por la industria, Elaboración propia]

Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril

DÍA DE LA SEMANA	BASE	INTERMEDIO	PUNTA
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00
sábado	0:00 - 8:00	8:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00
domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

Tabla 5.2 Horarios por periodo en tarifa H-M [Fuente: Información proporcionada por la industria, Elaboración propia]

Los cargos para este tipo de tarifa se hacen por los consumos de energía en los distintos periodos y por la demanda facturable, que es calculada por una fórmula que involucra a las demandas máximas obtenidas en los mismos periodos.

5.2.6.2 Análisis de consumos y demandas eléctricas

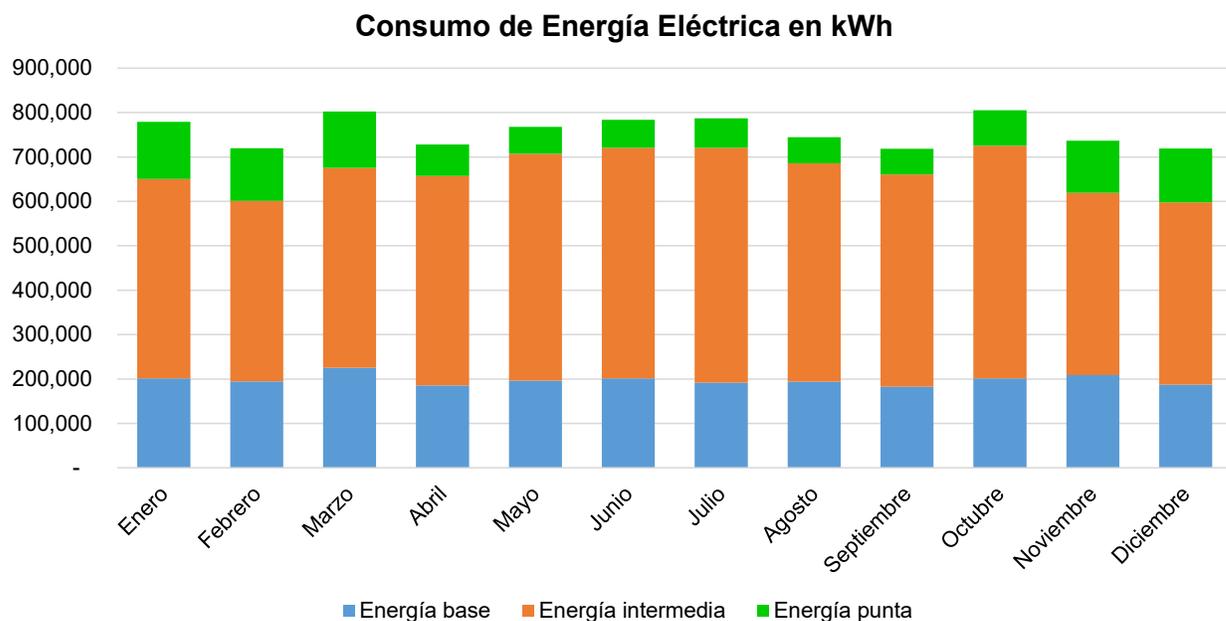
Periodo	Energía en kWh			Demanda en kWh				F.P(%)
	Base	Intermedia	Punta	Base	Intermedia	Punta	Facturable	
Enero	201,600	449,100	128,700	1,526	1,698	1,724	1,724	93.40%
Febrero	194,400	406,500	118,800	1,464	1,624	1,677	1,677	93.17%
Marzo	225,000	450,600	126,900	1,494	1,750	1,721	1,730	94.64%
Abril	185,400	471,900	70,800	1,390	1,670	1,628	1,641	94.69%
Mayo	196,200	510,900	60,900	1,437	1,628	1,635	1,635	94.75%
Junio	201,300	519,600	62,700	1,424	1,656	1,728	1,728	94.57%
Julio	191,581	529,008	66,501	1,352	1,529	1,646	1,646	95.16%
Agosto	193,951	491,385	59,209	1,290	1,563	1,585	1,585	95.89%
Septiembre	182,512	478,194	57,719	1,367	1,673	1,671	1,672	95.63%
Octubre	201,530	523,609	80,066	1,238	1,555	1,597	1,597	95.62%
Noviembre	208,720	410,412	117,734	1,475	1,662	1,690	1,690	95.43%
Diciembre	187,117	410,702	121,415	1,514	1,665	1,696	1,696	95.39%
Total	2,369,311	5,651,910	1,071,444					
	9,092,665 kWh							

Tabla 5.3 Estadística de consumo eléctrico [Fuente: Información proporcionada por la industria, Elaboración propia]

En la tabla 5.3 se han reportado los consumos de energía tomando como base el año 2014.

Para la implementación del SFV solo tomaremos en cuenta el periodo intermedio, ya que es en el que mayor consumo de energía eléctrica se tiene.

A continuación, se muestra el perfil anual de los consumos y demandas eléctricas del 2014.

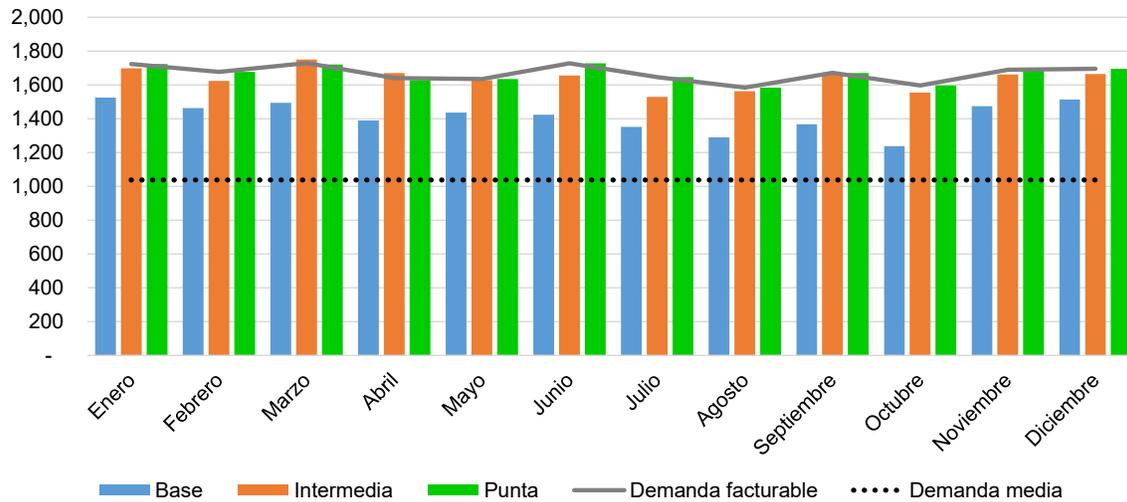


Gráfica 5.1 Perfil anual de consumo de electricidad [Fuente: Información proporcionada por la industria]

En base a la gráfica 5.1, observamos que el perfil eléctrico de la planta es relativamente constante a lo largo del año.

En la gráfica 5.2, se indica también la demanda media cuyo valor es de 1 MWe aproximadamente.

Demandas eléctricas máximas en kW



Gráfica 5.2 Perfil anual de demandas máximas eléctricas [Fuente: Información proporcionada por la industria]

De la misma manera, las demandas máximas eléctricas a lo largo del año son relativamente constantes. La demanda eléctrica máxima en el horario base es un poco más baja (1,400 kW) debido a los horarios de operación. En los horarios punta e intermedio, la demanda eléctrica máxima es sensiblemente la misma, 1,700 kW.

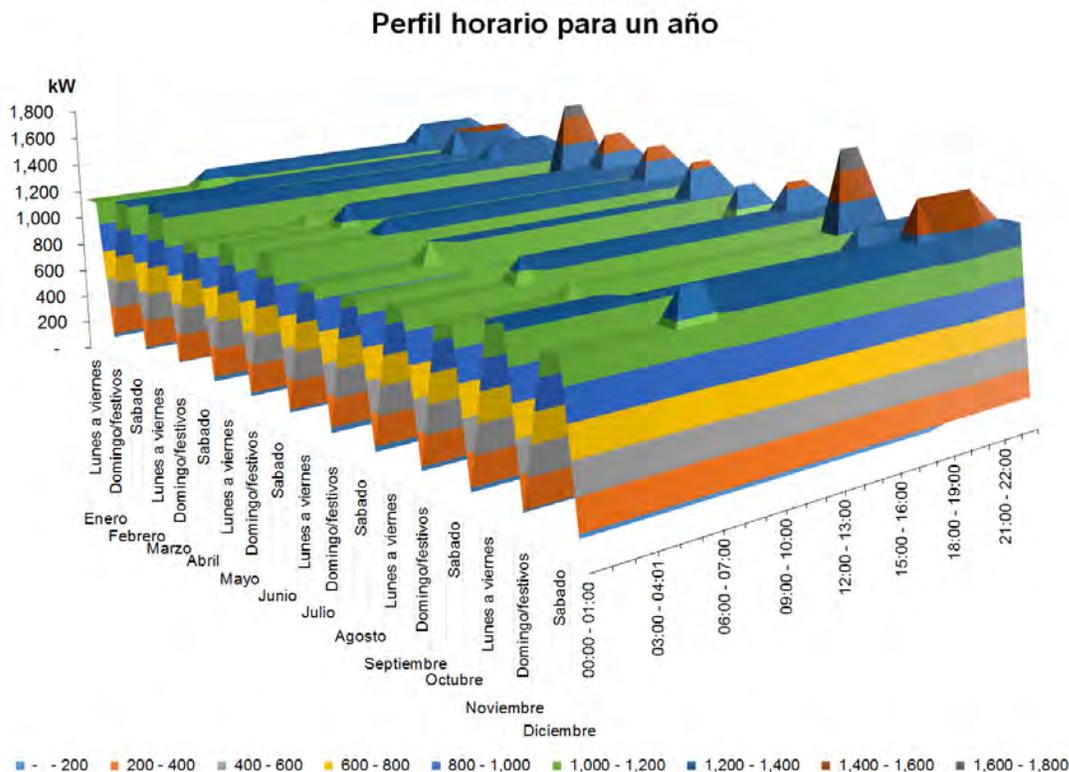
5.2.6.3 Perfil horario

Para llevar a cabo el dimensionamiento del sistema del sistema fotovoltaico es necesario analizar las demandas de energía eléctrica. Para ello, es indispensable analizar el funcionamiento de las instalaciones actuales de forma horaria, para establecer un perfil de consumo.

En el caso del perfil horario eléctrico, se establece el reparto de días considerando las tarificaciones de energía eléctrica que separan, por periodos y horarios, los costos de la energía suministrada, es decir en el caso de la tarifa H-M, en tres diferentes intervalos tarifarios por día y en semanas tipo compuestas por días laborables, sábados y domingo (y festivos).

Las facturas de CFE proporcionadas por la industria, permiten aportar un desglose de la energía consumida por cada periodo y mes en base a la anterior discriminación.

Así, poder deducir la gráfica de demanda simulada para disponer de una primera aproximación del perfil diario para un año.



Gráfica 5.3 Perfil horario para un año [Fuente: Información proporcionada por la industria]

Se debe destacar que en la gráfica 5.3 contempla consumos de energía, existiendo en la realidad picos de demanda que no se visualizan en esta gráfica.

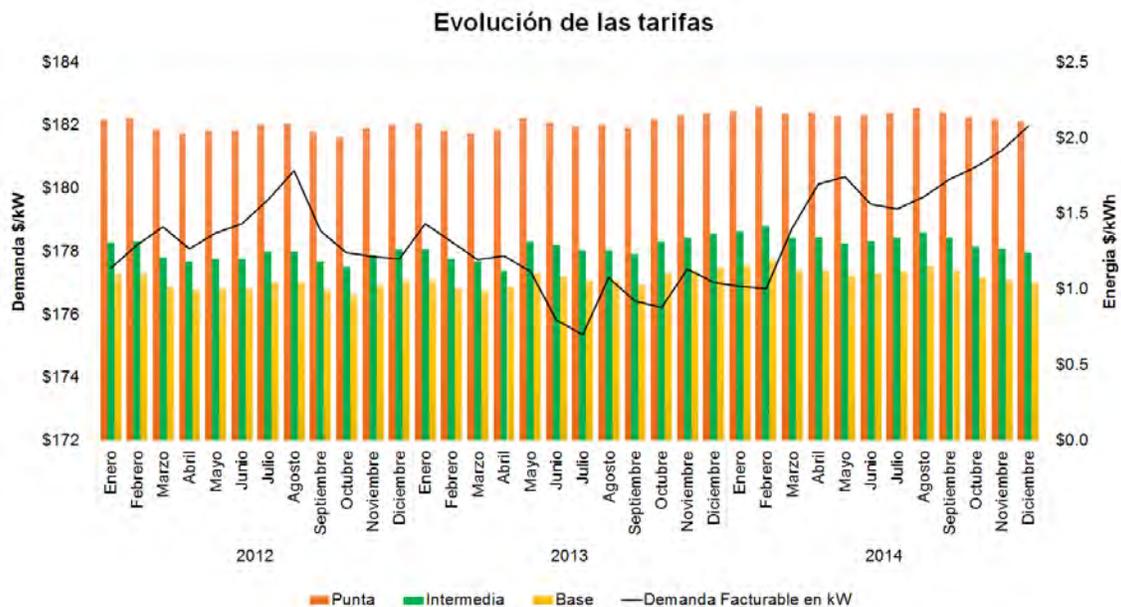
Se considera que la planta trabaja durante los 3 turnos, de lunes a sábado, pero no trabaja durante los domingos, excepto algunos durante el año.

Como primer análisis, se evidencia que la mayor parte de la demanda horaria de la planta se sitúa por debajo de los **1,100 kW** y que existen algunos picos de demanda en las noches. Con el fin de tener el mayor aprovechamiento de un sistema

fotovoltaico, generalmente, se debe dimensionar su capacidad en función de este criterio. Si se llegase a considerar la demanda máxima (1,700 kW) como criterio de dimensionamiento, el sistema fotovoltaico estaría sobre-dimensionado, trabajando a cargas parciales, por lo tanto, la eficiencia global del SFV sería menor (al trabajar a baja carga) y sobre todo la inversión global sería mayor.

5.2.6.4 Tendencia del precio de la electricidad en la tarifa H-M

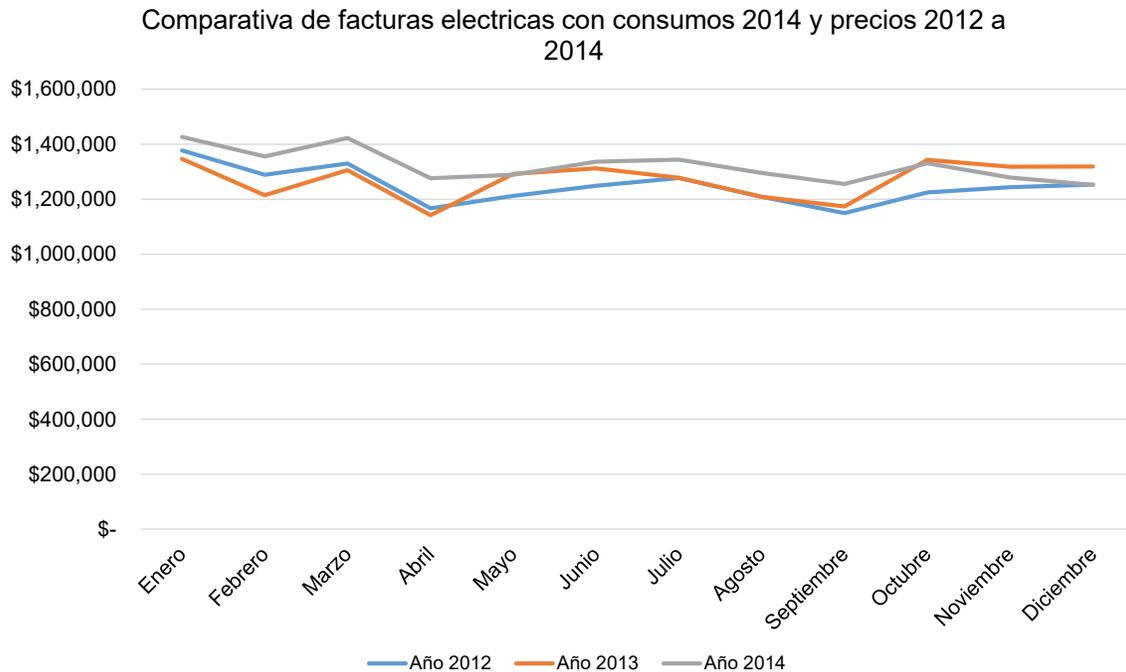
Para disponer de datos concretos y determinar el incremento anual del recibo eléctrico, se procede a analizar la evolución del precio de la tarifa eléctrica de los 3 últimos años, tanto a nivel de demanda como de energía.



Gráfica 5.4 Evolución de las Tarifas de CFE [Fuente: Comisión Federal de Electricidad]

Se puede observar en la gráfica, que hay un incremento del precio unitario de la demanda hasta finales del 2014, mientras que la energía se mantiene relativamente constante a lo largo del periodo analizado.

Para un mayor análisis de la tendencia se procede a estimar los montos de las facturas eléctricas en base a las energías y demandas de los meses del periodo analizado (enero 2014-diciembre 2014), en la gráfica 5.5 se han integrado los precios unitarios de los 3 últimos años:



Gráfica 5.5 Comparativa de facturas eléctricas [Fuente: Información proporcionada por la industria]

Obtenemos un incremento de:

- 1.83 % entre el año 2012 y 2013
- 4.00 % entre el año 2013 y 2014
- 5.91 % entre el año 2012 y 2014

Tal y como se observa en este análisis, si bien los precios unitarios de la energía no sufrieron incremento, el aumento unitario del termino de potencia influyen en gran medida en el costo total de la factura, implicando un incremento de la factura en el periodo analizado.

5.2.6.5 Costo de referencia

El costo de referencia considerado corresponde a la tarifa H-M de CFE promedio 2014:

Base	Intermedia	Punta	Demanda facturable
\$ 1.1132	\$ 1.3315	\$ 2.1589	\$ 179.65

Tabla 5.4 Tarifa de Referencia eléctrica [Fuente: Información proporcionada por la industria, Elaboración propia]

En base a esta tarifa de referencia, se define el costo de referencia de la línea base de consumos eléctricos (consumos de enero a diciembre 2014):

Meses	Base	Intermedia	Punta	Demanda facturable
Enero	\$ 224,421	\$ 597,973	\$ 277,854	\$ 309,715
Febrero	\$ 216,406	\$ 541,251	\$ 256,480	\$ 301,272
Marzo	\$ 250,470	\$ 599,970	\$ 273,968	\$ 310,793
Abril	\$ 206,387	\$ 628,331	\$ 152,852	\$ 294,804
Mayo	\$ 218,410	\$ 680,259	\$ 131,479	\$ 293,726
Junio	\$ 224,087	\$ 691,843	\$ 135,365	\$ 310,434
Julio	\$ 213,268	\$ 704,370	\$ 143,571	\$ 295,703
Agosto	\$ 215,906	\$ 654,275	\$ 127,828	\$ 284,744
Septiembre	\$ 203,172	\$ 636,711	\$ 124,611	\$ 300,373
Octubre	\$ 224,343	\$ 697,181	\$ 172,856	\$ 286,900
Noviembre	\$ 232,347	\$ 546,460	\$ 254,179	\$ 303,607
Diciembre	\$ 208,299	\$ 546,846	\$ 262,126	\$ 304,685
Subtotal	\$ 2,637,517	\$ 7,525,471	\$ 2,313,167	\$ 3,596,756
Total	\$	16,072,911		

Tabla 5.5 Costo de Referencia eléctrico [Fuente: Información proporcionada por la industria, Elaboración propia]

5.3 Cálculo y dimensionamiento del sistema fotovoltaico (Primer Herramienta)

Para dimensionar y calcular el área requerida para el sistema fotovoltaico a partir de los datos anteriores, se empleó el uso de dos programas proporcionados por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE): Con el primer programa se calculó el área de instalación, los gastos de energía así como la visión de dos escenarios e indicando si el proyecto es rentable. Con el segundo se procedió a realizar el desarrollo financiero del proyecto.

Photovoltaic model for the Mexican market

Figura 5.2 Nombre de la primera Herramienta

5.3.1 Parámetros para el cálculo económico para el SFVI en México

Para iniciar el dimensionamiento, se procede a introducir datos de los parámetros solicitados que ya se conocen, como es la tasa de interés del programa financiero, el costo y la eficiencia del módulo. Algunos parámetros ya están establecidos por la herramienta. Para el valor de la Tasa de interés se introdujeron dos valores: el de 8.25% del programa financiero Privado y el de 9.59% del programa Financiero Federal (consultar el anexo 1). En la figura 5.3 se muestra el apartado para los parámetros que se deben introducir.

Control

Parameters for the economic calculation of grid connected photovoltaic systems in Mexico

?

Financial parameters	
Interest rate	8%
Operating and maintenance costs for PV system:	5%
Rate of price increase of electricity tariffs	8%
PV operating time [a]:	20
VAT Tax (Mex. IVA)	16%

PV technical parameters	
Performance ratio	0.73
Modul efficiency	16%
Efficiency loss due to temperatures above 25°C I%/°C	0.5

PV investment costs [\$/kW _p]	
0.5 - 1 kWp	40,000
1 - 5 kWp	40,000
5 - 10 kWp	40,000
10 - 15 kWp	40,000
>15 kWp	40,000

Figura 5.3 Apartado para los parámetros a introducir

5.3.2 Cálculos individuales

Para el siguiente paso, se procede a seleccionar la ciudad de la localidad, de igual manera el consumo de energía mensual en kWh del periodo intermedio que se muestra en la tabla 5.3. Y al final el costo del sistema como se muestra en la figura 5.4.

En la figura 5.5 se puede visualizar el potencial de ahorro con los datos proporcionados anteriormente.

Ahorre con el sol!

Cálculo la factibilidad de la compra de un sistema fotovoltaico para su hogar en 3 simples pasos y...

Proporcione sus datos aquí

Paso 1: Seleccione su ciudad

Cuautla, Morelos

Paso 2: Ingrese su consumo mensual (en kWh)

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio mensual
449100	406500	450600	471900	510900	519600	529008	491385	478194	523609	410412	410702	470992.5

Paso 3 (opcional): Proporcione el costo total del sistema fotovoltaico por kW, incluyendo los costos de instalación

40,000 Costo del sistema fotovoltaico por kW incluyendo costos de instalación

Figura 5.4 Datos del consumo eléctrico

Tu potencial de ahorro es...

Se evalúa la factibilidad económica de la compra de un sistema fotovoltaico para su hogar en 2 escenarios:

(1) Escenario "Verde": Usted genera la electricidad completa que consume a través del sol.

(2) Escenario "Ahorro Máximo": Usted genera solamente una parte a través del sol maximizando sus ahorros.

	Escenario "Verde"	Escenario "Ahorro Máximo"
Gasto total en electricidad sin sistema fotovoltaico [\$ M.N.]	308,679,747	308,679,747
Gasto total con sistema fotovoltaico [\$ M.N.]	280,363,117	274,761,705
Capacidad requerida del sistema fotovoltaico [kW _p]	4636.2	4,607.29
Area requerida para instalación del sistema [m ²]	28976.5	28,795.50
Ahorro total [\$ M.N.]	Rentable! 28,316,631	Rentable! 33,918,043

Figura 5.5 Cálculo del potencial de ahorro con programa privado

Como se puede observar con una tasa de interés de 8% (Programa privado) en los dos escenarios el proyecto es rentable.

Mientras con una tasa de interés de 9.59%, en el “Escenario verde” el proyecto no es rentable.

Tu potencial de ahorro es...

Se evalúa la factibilidad económica de la compra de un sistema fotovoltaico para su hogar en 2 escenarios:

(1) Escenario "Verde": Usted genera la electricidad completa que consume a través del sol.
(2) Escenario "Ahorro Máximo": Usted genera solamente una parte a través del sol maximizando sus ahorros.

	Escenario "Verde"	Escenario "Ahorro Máximo"
Gasto total en electricidad sin sistema fotovoltaico [\$ M.N.]	267,295,070	267,295,070
Gasto total con sistema fotovoltaico [\$ M.N.]	270,388,604	264,986,905
Capacidad requerida del sistema fotovoltaico [kW _p]	4636.2	4,607.29
Area requerida para instalación del sistema [m ²]	28976.5	28,795.50
Ahorro total [\$ M.N.]	No rentable! -3,093,534	Rentable! 2,308,165

Figura 5.6 Cálculo del potencial de ahorro con programa federal

A pesar de que en el escenario de “Ahorro Máximo” el proyecto sería rentable, pero éste no genera un gran ahorro con financiamiento federal en comparación con el privado por lo que se puede decir que un programa privado sería la opción más adecuada para este proyecto.

5.4 Cálculo del desarrollo financiero del proyecto (Segunda Herramienta)

Con el siguiente programa se procede a estimar el desarrollo financiero del proyecto.



Figura 5.7 Nombre de la segunda herramienta empleada

5.4.1 Datos de entrada

En este programa igual que el otro, se introducen los datos de consumo de energía bimestrales reportados en kWh y se introduce el costo de referencia del periodo intermedio que se ha establecido en la tabla 5.4 y el tipo de cambio del dólar americano para así generar el costo aproximado del proyecto.

Datos Base		Recibo de CFE															
Datos del municipio																	
Seleccione su Estado: Edo.México	Seleccione el Municipio: Tlalnepantla de Baz	Por favor introduzca los últimos 6 bimestres de su consumo energético <table border="1"> <thead> <tr> <th>No. De Bimestre</th> <th>(kWh)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>855,600.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>922,500.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1,030,500.00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1,020,393.00</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1,001,803.00</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>821,114.00</td> </tr> </tbody> </table>		No. De Bimestre	(kWh)	1	855,600.00	2	922,500.00	3	1,030,500.00	4	1,020,393.00	5	1,001,803.00	6	821,114.00
No. De Bimestre	(kWh)																
1	855,600.00																
2	922,500.00																
3	1,030,500.00																
4	1,020,393.00																
5	1,001,803.00																
6	821,114.00																
Aspectos de consumo de energía																	
Tipo de servicio: Comercial	Tipo de Tarifa de CFE: Tarifa 2																
Análisis por consumo de carga																	
Dimensionar por: Recibo de CFE	Cantidad de energía a generar al día a partir del consumo (kWh/día) 15,484.68																
		Total (kWh)	5,651,910.00														
Costo por kWh de último periodo de facturación																	
Proporcione el costo de kWh (cobro por energía) del último periodo de facturación:		\$ 1.332	Visite el SAT														
Proporcione el tipo de cambio de Dólar Americano (USD) a Moneda Nacional (Peso):		\$ 19.15															

Figura 5.8 Apartado de parámetros, segunda herramienta

5.4.2 Configuración del sistema

Con los datos reportados en el apartado anterior, se calcula la configuración del sistema interconectado (la capacidad del sistema así como la potencia) también nos indica el números de módulos que se requerirían según el tipo de material de las celdas (En el punto 1.6.1 del capítulo 1 se pueden ver las características de estos materiales y en la tabla 1.8 una comparación entre ellos).

1 Configuración general del sistema.

Potencia a instalar del sistema para cubrir el 100% del consumo señalado:	1886 kW
Potencia a instalar del sistema a partir del área disponible:	3205 kW

2 Opciones de configuraciones a partir de las tecnologías fotovoltaicas disponibles en el mercado mexicano.

Selección del tipo de Módulo Fotovoltaico				
Tipo de Módulo Fotovoltaico	Área aproximada de instalación (m ²)	Células por módulo (36, 48, 60, 72)	Potencia comercial del módulo (W)	Número de módulos
Todas las opciones				
Policristalino	16,779	60	250	7,544
Monocristalino	14,960	72	320	5,894
Capa delgada	23,058	No aplica	110	17,145
Opción del USUARIO	17,052	72	300	6,287
Dimensionamiento a partir del Área disponible del USUARIO	28,977	72	300	10,857

Figura 5.9 Configuración del sistema fotovoltaico

5.4.3 Economía del proyecto

Se procede a estimar el análisis financiero del proyecto.

Como ya se ha indicado, el proyecto se financiará con un programa privado por lo que se introduce la tasa de interés (8%) y el número de años del financiamiento (muchos programas manejan 5 años). Con estos datos, se calculan los costos promedio de energía con proyección a 20 años y el costo del proyecto (implementación del sistema fotovoltaico) que es \$1, 508,800.00 USD (\$28, 896,537.60 M.N.) aproximadamente. En la figura 5.10 se reportan estos valores.

4 Análisis financiero (es posible seleccionar si se desea el empleo de un crédito).

Economía del proyecto				
¿El proyecto tendrá financiamiento bancario?		Si		
Ingrese la tasa de interés anual del financiamiento:		8%		
Ingrese el tiempo del financiamiento en años:		5.0		
Costo promedio de la energía generada a 20 años	\$ 0.1001	USD/kWh generado	\$ 1.9177	Pesos/kWh generado
El costo se integra del valor de mantenimiento, un remplazo de inversores, los intereses sobre el crédito.				
Costo aproximado del watt pico instalado sin contemplar mantenimiento y operación.	\$ 0.80	USD/kWp instalado	\$ 15.32	Pesos/kWp instalado
El costo considera sólo el valor de inversión inicial sin considerar algún crédito.				
Costo aproximado del sistema sin contemplar mantenimiento y operación.	\$ 1,508,800.00	USD	\$ 28,896,537.60	MN
El costo considera sólo el valor de inversión inicial sin considerar algún crédito.				

Figura 5.10 Estimación de la economía del proyecto

En la tabla 5.6 se puede observar el resumen de resultados:

Costo de kWh generado por el sistema		
Variables		
kWp instalado	1886	kW
Costo Watt instalado de acuerdo a capacidad	0.8	Dlls/watt
Costo estimado del proyecto	\$1,508,800.00	Dlls
Costo de mantenimiento anual	1.50%	%
Costo del cambio de inversor(es) (10 años)	\$0.08	%
Costo del financiamiento bancario propuesto por el cliente	\$ 124,476.00	Dlls
Costo del financiamiento bancario propuesto por el cliente	\$2,383,964.35	MN
Ingrese la tasa de descuento social por generación con FV (%)		
Tasa social descuento	8%	

Tabla 5.6. Resumen de resultados del análisis financiero

La herramienta también nos permite apreciar datos financieros a 20 años de proyección:

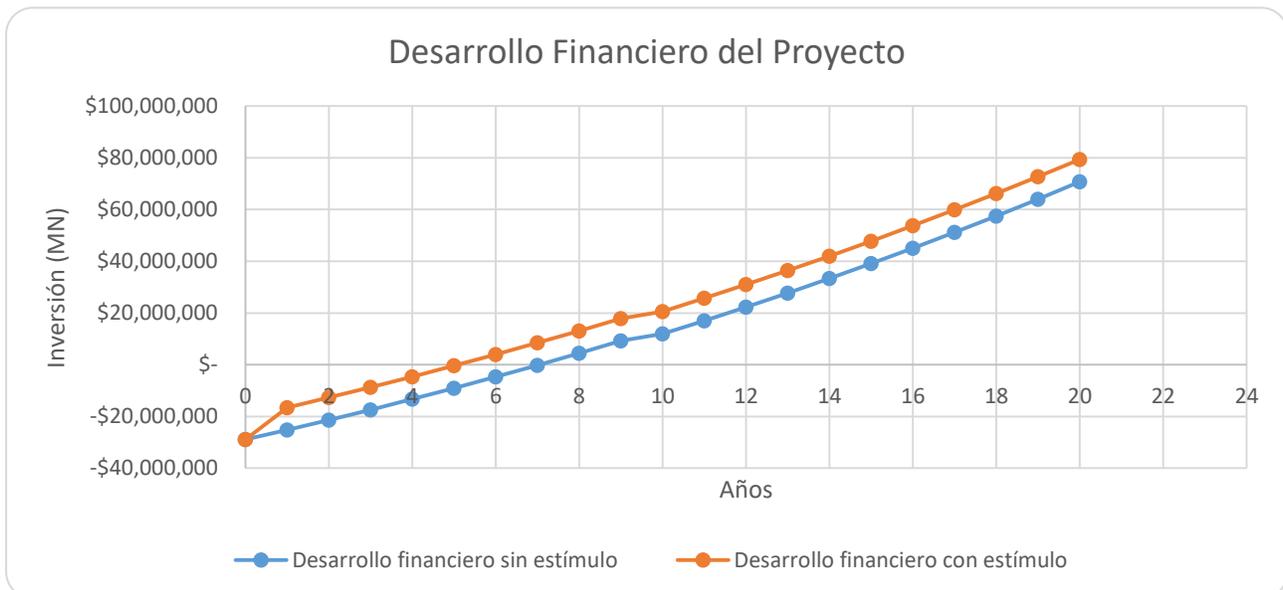
Precio kWh generado a 20 años		
55,952,255.52	kWh generados en 20 años	
\$ 1,817,820.52	Costo total del proyecto a 20 años (DLLS)	
\$ 0.032	DlIs/kWh generado	
\$ 0.0746	Costo de kWh considerando tasa de descuento social	
\$ 2,440,200.52	Costo del proyecto con financiamiento bancario	
\$ 1,817,820.52	Costo del proyecto sin financiamiento bancario	
Valor Presente Neto de energía	24,369,756.95	kWh
Valor presente neto mantenimiento:	13%	

Tabla 5.7 Resumen de resultados a 20 años de proyección

5.4.4 Desarrollo financiero del proyecto

5.4.4.1 Indicadores económicos

Los indicadores económicos del proyecto (VPN, TIR y TRC), se calculan en el apartado “Desarrollo financiero” de la herramienta junto con los flujos de efectivo a los 20 años de proyección. Se hará un comparativo entre las dos opciones: con programa financiero y sin programa financiero



Gráfica 5.6 Desarrollo financiero del proyecto

En las tablas 5.8 y 5.9 se reportan los flujo de efectivos de la gráfica 5.6 para mayor visualización

Financiado	
Año	Inversión
0	\$ -28,896,537.60
1	\$ -16,514,166.56
2	\$ -12,678,440.47
3	\$ -8,717,022.43
4	\$ -4,612,406.81
5	\$ -389,146.89
6	\$ 3,970,432.16
7	\$ 8,470,044.39
8	\$ 13,129,256.46
9	\$ 17,920,431.77
10	\$ 20,635,144.61
11	\$ 25,733,817.26
12	\$ 31,010,120.78
13	\$ 36,432,971.22
14	\$ 42,024,404.96
15	\$ 47,788,881.86
16	\$ 53,750,757.82
17	\$ 59,875,099.11
18	\$ 66,186,463.95
19	\$ 72,689,716.75
20	\$ 79,411,976.42

Tabla 5.8 Flujo de efectivo con programa financiero

No Financiado	
Año	Inversión
0	\$ -28,896,537.60
1	\$ -25,183,127.84
2	\$ -21,347,401.75
3	\$ -17,385,983.71
4	\$ -13,281,368.09
5	\$ -9,058,108.17
6	\$ -4,698,529.12
7	\$ -198,916.89
8	\$ 4,460,295.18
9	\$ 9,251,470.49
10	\$ 11,966,183.33
11	\$ 17,064,855.98
12	\$ 22,341,159.50
13	\$ 27,764,009.94
14	\$ 33,355,443.68
15	\$ 39,119,920.58
16	\$ 45,081,796.54
17	\$ 51,206,137.83
18	\$ 57,517,502.67
19	\$ 64,020,755.47
20	\$ 70,743,015.14

Tabla 5.9 Flujo de efectivo sin programa financiero

Se calculó el VPN y TIR con la opción de Excel. Se obtuvieron los siguientes valores:

	Sin Financiamiento	Con Financiamiento
VPN	\$1,121,401.36	\$68,215,723.40
TIR	10%	17%
TRC	7 años	5 años

Tabla 5.10 Comparativa entre indicadores económicos del proyecto

Como se puede observar, la instalación de sistemas fotovoltaicos para cubrir la demanda de energía eléctrica de esta industria en el periodo intermedio, es rentable.

La alternativa de financiamiento que se adecua este proyecto es del programa financiero privado, internacional o mixto no solo por la tasa de interés, debido al costo alto del proyecto, el monto a financiar en estos programas pueden cubrir la primera inversión ya sea en su totalidad y/o parcialmente, mientras que un programa federal no está dentro del monto a financiar.

En el caso de la industria que se ha analizado, su gasto un total de energía eléctrica es de \$ 308, 679,747.00 M.N. a lo largo de 20 años. Al emplear sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica el gasto se reduciría en \$280, 363,117.00 M.N. generando un ahorro de \$28, 316,631.00 M.N.

El sistema estará interconectado a la red, por lo que el periodo intermedio estará abastecido por el sistema fotovoltaico pero a la vez por la red de Comisión Federal de Electricidad.

Debido a que la potencia del proyecto rebasa los 500 kW de potencia (0.5 MW) es necesario tramitar un permiso ante Comisión Reguladora de Energía para poder ser interconectado a la red (consultar anexo 3).

El trámite de interconexión se puede consultar en el anexo 4 del trabajo.

5.5 Análisis Ambiental

La adopción de la tecnología fotovoltaica para abastecer el suministro de la energía eléctrica resulta una mejora para el medio ambiente, considerando su alta eficiencia frente a instalaciones convencionales de suministro energético.

Estos aspectos de eficiencia que usan una fuente de energía “limpia” que, en este caso se trata de la energía solar, hacen que la tecnología fotovoltaica sea un sistema acorde con la reducción de las emisiones de gases a efecto invernadero tales como el CO₂.

Para llevar a cabo el cálculo de emisiones de CO₂, se tomara en cuenta el consumo anual de energía eléctrica (del periodo intermedio) multiplicado por el factor de emisión de CO₂

Para el cálculo, disponemos de:

- Emisiones de CO₂ de la red eléctrica nacional : 0.487 kgCO₂ / kWh eléctrico para 2015 ⁷

$$\text{Consumo anual} = 5,651,910 \text{ kWh}$$

$$\text{Factor de emisión} = 0.487 \text{ kgCO}_2 / \text{kWh}$$

$$\text{Kg de CO}_2 = (5,651,910 \text{ kWh}) * (0.487 \text{ kgCO}_2 / \text{kWh})$$

$$\text{Kg de CO}_2 = 2,752,480.17$$

Se estarían reduciendo 2752.48 Ton de CO₂ si se usa esta tecnología, por lo que se puede concluir que un proyecto que emplea energías renovables para el suministro de energía eléctrica, son proyectos amigables con el medio ambiente reduciendo gases que provocan el efecto invernadero

⁷ El factor de emisión eléctrico se tomó de los datos proporcionados para 2015-2024 por PNUD

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

El programa financiero que se adecua a este proyecto, es un programa de origen privado, mixto y/o internacional. Debido que el proyecto tiene un costo elevado, los programas de origen federal no financian un monto adecuado para cubrir la inversión en su totalidad o parcial.

Otro criterio por el cual se elijo por esta alternativa, es porque ofrece una tasa de interés un poco más baja que la de algunas alternativas federales.

Mediante el análisis realizado se determinó que para cubrir la demanda de energía de la industria en el periodo intermedio se necesitarán 7544 módulos fotovoltaicos conformados por 60 celdas cada uno con una potencia de 250 W y se requerirán 16,779 m^2 para la instalación de los paneles que estarán distribuidos en los espacios disponibles de la industria. Con la comparación entre los materiales de las celdas, la mejor opción son las de material Policristalino ya que presenta mayor eficiencia.

El gasto de energía para este caso a un año equivale a \$16, 072,911.00 M.N generando en 20 años de producción un gasto total de \$308, 679,747.00 M.N.

Con la instalación de un proyecto de eficiencia energética (en este caso sistemas fotovoltaicos), la industria estaría gastando \$280, 363,117.00 M.N generando un ahorro de \$28, 316,631.00 M.N en esos 20 años, ahorrando casi \$1, 500,000.00 M.N. por año.

El proyecto tiene un costo aproximado de \$28, 896,537.00 M.N. con una TIR equivalente al 17% con un tiempo de recuperación de la inversión aproximado de 5 años con financiamiento y teniendo 15 años de ganancias. Mientras que sin un programa financiero se recuperaría en 7 años.



Con la implementación de un SFVI Se estarían reduciendo 2752.48 Ton de CO₂, contribuyendo al cuidado del medio ambiente reduciendo gases que provocan el efecto invernadero.

Para proyectos de eficiencia energética con más de 500 kW de potencia, un programa federal es el más adecuado. En este caso particular el proyecto es de más de 1000 kW de potencia por lo que se descartan muchas de las alternativas de origen federal ya que no cubren la capacidad requerida. En estos caso que la capacidad supera los 500 kW se debe tramitar un permiso de instalación ante la Comisión Reguladora de Energía (CRE).

Con el crecimiento en el consumo de energía eléctrica y el aumento en el uso de energía solar como generador de energía, el uso de sistemas fotovoltaicos para generar energía eléctrica resulta ser una opción favorable para satisfacer la demanda de energía requerida.

Con la entrada de la Ley de Transición Energética se aumenta el desarrollo de nuevos programas financieros para incentivar el uso de sistemas fotovoltaicos.

La tecnología fotovoltaica aún presenta barreras que han impedido su desarrollo en nuestro país, por lo que se deben crear incentivos para difundir el uso y beneficios que estos sistemas pueden generar.

Los proyectos de eficiencia energética nos pueden generar ahorros económicos como ahorros energéticos y de esta manera se promueve una imagen amigable con el medio ambiente. Pero si se sigue dando un uso inadecuado a la energía, seguiremos ante la misma situación. Por lo que se debe inculcar esa cultura de ahorro de energía para hacer un uso eficiente de la energía que estamos generando o que estamos requiriendo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Rufes Martínez, P. 2010. Energía Solar Térmica para su aprovechamiento. Barcelona: Marcombo.
2. Calventus, Y & Carreras, R. 2006. Tecnología energética y medio ambiente. Barcelona: Ediciones UPC. Pág. 171
3. Castells, X. E. 2012. Biomasa y Bioenergía: Energía, agua, medio ambiente, territorialidad y sostenibilidad. Madrid: Díaz Santos. Pág. 748-751.
4. Sanz Osorio, J. F. 2008. Energía Hidroeléctrica. Zaragoza: Prensa Universitaria de Zaragoza.
5. Talayeros Navales, A. P. & Telmo Martínez, E. Energía eólica. Zaragoza: Prensa Universitaria de Zaragoza.
6. Méndez Muñiz, J. M. & Cuervo García, R. Energía Solar Fotovoltaica. 2° ed. Madrid: Fundación CONFEMETAL.
7. Méndez Muñiz, J. M. & Cuervo García, R. Energía Solar Térmica. 2° ed. Madrid: Fundación CONFEMETAL. Pág. 34
8. Banyeras Jutglar, L. 2004. Energía Solar. España: Ed. CEAC.
9. Viloria Roldán, J. 2013. Montaje Mecánico en instalaciones solares fotovoltaicas. España: Paraninfo.
10. Jaramillo Salgado, O.A. 1998. Transporte de energía solar concentrada a través de fibras ópticas. Tesis para obtener el grado de Maestro en Energía Solar. México: UNAM.
11. M. Sarmiento, P. 2007. Energía Solar en Arquitectura y Construcción. Chile: Masters RIL.
12. Fernández Salgado, J. M. 2010. Compendio de Energía Solar: Fotovoltaica, Térmica y Termoeléctrica. Mundi-Prensa.
13. Madrid Vicente, A. 2009. Curso de Energía Solar. Mundi-Prensa.
14. Luque, A. & Hegedus, S. (Editors). Handbook of photovoltaic science and engineering. 2nd. ed. Wiley. 2011. UK.
15. Romero Tous, M. (2010). Energía solar fotovoltaica. Barcelona, España.
16. Anwar, S. & Efstathiadis, H. Handbook of research on solar energy systems and technologies. Engineering Science Reference. Hershey, Pennsylvania. 2013.
17. Braun, J. P; Faraggi, B. & Labouret, A. Celdas solares: electricidad luminosa y sus campos de aplicación. Ed. Trillas. México, 1999.
18. Moran, M. J. & Shapiro, H. N. Fundamentos de termodinámica Química. 2° ed. 2004. Hoboken: Editorial Reverte.
19. Gitman, L. & Zutter, CH. Principios de Administración financiera. 12° ed. 2003. Editorial Pearson.
20. Fernández Espinoza, S. Los Proyectos de Inversión: evaluación Financiera. 2007. Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica.

Referencias Electrónicas

1. FIDE, alternativa para el financiamiento de sistemas fotovoltaicos en México. [En línea]. Fideicomiso para el Ahorro de Energía. Ciudad de México. 2013. Disponible en: http://www.fide.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=463:septiembre-25-2013-fide-alternativa-para-el-financiamiento-de-sistemas-fotovoltaicos-en-mexico&catid=57:noticias&Itemid=267
2. Energía Solar ventajas y desventajas. [En línea]. Erenobables.com. 2016. Disponible en: <http://erenovable.com/energia-solar-ventajas-y-desventajas/>
3. Sistemas Fotovoltaicos. [En línea]. Escuela de Organización Industrial. Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45337/componente45335.pdf
4. Asociación Nacional de Energía Solar
<http://www.anes.org>
5. Preguntas frecuentes sobre sistemas Fotovoltaicos. [En línea]. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Disponible en: <http://www.iie.org.mx/proyectofotovoltaico/preguntas.php>
6. Como funciona un Sistema Fotovoltaico. [En línea]. SEENERGY MEXICO. Disponible en: <http://seenergymexico.com/comofuncionafv.php>
7. Guía de Programas de Fomento de Energías Renovables. [En línea]. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. 2016. Disponible en: http://www.conuee.gob.mx/pdfs/generacion_distribuida/GuiaProgramasFomentoEnergiasRenovablesMunicipiosRepublicaMexicana.pdf
8. Portal Bancomext:
<http://www.bancomext.com/sector/energetico>
9. Portal Fideicomiso para el Ahorro de Energía:
<http://www.fide.org.mx/>
10. Portal Fideicomiso de Riesgo Compartido:
<http://www.firco.gob.mx>
11. Portal Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura:
<https://www.fira.gob.mx/>
12. Portal Nacional Financiera:
<http://www.nafin.com/portalfn/content/home/home.html>
13. Portal Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos:
www.banobras.gob.mx/
14. Banco Interamericano de Desarrollo:
<http://www.iadb.org>
15. Banamex:
https://www.banamex.com/es/pymes/creditos/credito_negocio_sustentable.htm

16. Portal Banco de México:
<http://www.banxico.org.mx/divulgacion/glosario/glosario.html>
17. Componentes de un Sistema fotovoltaico. Disponible en:
<http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
18. Portal Corporativo Aura Solar:
<http://www.aurasolar.com.mx/energia-solar-fotovoltaica.html>
19. Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE). Disponible en:
<http://www.cre.gob.mx/documento/1570.pdf>
20. Ley de transición Energética. Disponible en:
<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>
21. Certificados de Energías Limpias (CELs). Disponible en:
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5431515&fecha=31/03/2016&print=true
22. Sistema de Información Energética. [En línea]. Disponible en:
<http://sie.energia.gob.mx/>
23. Portal Secretaría de Energía (SENER)
<http://www.gob.mx/sener>
24. Balance Nacional de Energía. [En línea]. Disponible en:
<http://www.gob.mx/sener/documentos/balance-nacional-de-energia>
25. Introducción a la programación financiera. [En línea]. Disponible en:
<https://www.imf.org/external/pubs/ft/finpro/esl/pdf/chapter7.pdf>
26. Guía de usuario para sistemas de interconexión. [En línea]. Disponible en:
<http://ecotec.unam.mx/Ecotec//wp-content/uploads/Guia-de-Usuario-para-Sistemas-de-Interconexion.pdf>
27. Guía para solicitar permisos de generación exportación e importación de energía eléctrica. [En línea]- Disponible en:
<http://www.cre.gob.mx/documento/1217.pdf>
28. Asociación Nacional de la Industria Química. Factores que afectan la competitividad. [En línea]. Disponible en:
http://imef.org.mx/descargas/2014/marzo/4_benedetto_industria_quimica.pdf
29. Energía solar fotovoltaica como fuente de energía renovable global. [En línea]. Disponible en:
http://www.renacmexico.com/fileadmin/user_upload/Download/RENAC_Mexico/Introduccion_fotovoltaica.pdf
30. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red Eléctrica. [En línea]. Disponible en:
http://www2.ineel.mx//proyectorfotovoltaico/pdf/7_INGENIERIA_DEL_SISTEMA.pdf

Anexo 1

A.1. Programa financiero por parte de BANCOMEXT

Programa para el financiamiento de proyectos de energía renovable mediante el otorgamiento de recursos de largo plazo, en moneda nacional o en dólares, para apoyar a las empresas durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento de las obras.

Dirigido a: Empresas nacionales y extranjeras desarrolladoras de proyectos de energía renovable.

Si eres una empresa mexicana que aplique mejoras al medio ambiente, proyectos sustentables y mecanismos de desarrollo limpio (MDL) en su planta industrial, oficinas o cualquier otro.

Monto de financiamiento: A partir de 3 millones de dólares (USD)

Proyectos que califican: Aquellos que sean técnica y financieramente viables basados en la capacidad de pago del proyecto.

Características: Se pueden financiar proyectos estructurados, sindicados, requerimientos de capital de trabajo y líneas de crédito complementarias a empresas o a vehículos de propósito específico.

Beneficios:

- Financiamiento directo a los proyectos.
- Financiamiento de largo plazo.
- Periodo de gracia durante la etapa construcción del proyecto.
- Financiamiento del Impuesto al Valor Agregado (IVA) durante la etapa de construcción.
- Financiamientos en moneda nacional y/o en dólares estadounidenses.
- Líneas de financiamiento internacionales para proyectos de energía renovable como es el caso del KFW de Alemania o el JBIC de Japón.

Requisitos

- Empresa o vehículo de propósito específico legalmente constituido en México.
- Experiencia crediticia favorable de los desarrolladores y que cuenten con experiencia en el sector.
- Tener una fuente de pago identificada.
- Contar con los terrenos donde se llevará a cabo el proyecto.

- Tener avance en permisos, autorizaciones y licencias.
- Tener avance en la ingeniería y en el suministro de equipos.

Documentación

- Solicitud de crédito o mandato.
- Copia de documentación legal corporativa (estatutos y poderes).
- Copia de permisos, autorizaciones, contratos relativos al proyecto.
- Modelo Financiero e información financiera.

Proceso de Contratación: Se lleva a cabo un análisis técnico, financiero y legal del proyecto previo a la autorización del financiamiento.

La transacción se formaliza mediante contratos de crédito de acuerdo con las características del proyecto.

A.2. Programa financiero por parte de Banamex

Créditos a Negocios Sustentables

Beneficios:

- Adquiere activos para tu negocio y equipo sin comprometer tu liquidez.
- Acceso a un porcentaje de capital de trabajo que funciona para la implementación e instalación del equipo.
- Línea de crédito permanente al restituir la línea de tu crédito hasta por el monto original otorgado.
- Facilitamos tu administración con el cargo automático del pago mínimo de tu crédito a través de tu cuenta de cheques.

Características:

- Crédito 100% amortizable.
- Crédito para Personas Morales y Personas Físicas con Actividad Empresarial.
- Plazo desde 12 y hasta 36 meses para créditos de Capital de Trabajo y hasta 48 meses para adquirir Activos Fijos.
- Montos de crédito desde \$ 50,000 y hasta \$ 12'000,000.
- Disposición del crédito en una sola exhibición.
- Tasa de interés y pagos mensuales fijos.



- Tu fecha de corte será el día anterior al otorgamiento del crédito.
- Tasa de interés anual fija más baja que las ordinarias de Crédito Negocios Banamex: **desde 8.25%**.

Nota: Para créditos mayores a \$4.5 millones se necesita de una Garantía real.

Requisitos:

- Llenar la Solicitud Contrato correspondiente.
- Identificación oficial, tuya y de tus obligados solidarios (si aplica).
- Alta en la SHCP o Constancia de Situación Fiscal (con menos de 6 meses de expedición).
- Comprobante de domicilio personal y fiscal.
- 4 años de operación en el negocio (aplica para PFAE y PM)*.
- FM2 o Carta de Naturalización (sólo aplica para extranjeros).
- Requiere Obligado Solidario para Persona Moral.
- Requiere Obligado Solidario para Persona Física con Actividad Empresarial a partir de \$1'000,000.

* PFAE: Persona Física con Actividad Empresarial

PM: Persona Moral

La tasa mínima establecida por algunos programas de financiamiento de origen Federal es la equivalente a la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (TIIE) + 5 puntos.

Tasa de Interés = 4.590 + 5 = **9.590%**

El valor de la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio se puede consultar en el portal del Banco de México.

Anexo 2.

Tarifas CFE para media Tensión en el área central

Cargos	Dic./15	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Tarifa O-M Zona Central													
Demanda (\$/kW)	178.38	178.24	179.18	182.12	184.6	183.6	183.71	186.36	189.84	191.24			
Energía (\$/kWh)	0.971	1	1.067	1.016	1.095	0.987	1.024	1.129	1.166	1.258			

Cargos	Dic./15	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Tarifa H-M Zona Central													
Demanda Facturable (\$/kW)	194.51	194.35	195.38	198.58	201.28	200.19	200.31	203.19	206.99	208.52			
Energía Punta (\$/kWh)	1.7202	1.7527	1.8309	1.7859	1.8829	1.7605	1.8026	1.9297	1.9835	2.0892			
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.7263	0.7569	0.8255	0.7656	0.8437	0.7297	0.7671	0.8717	0.9054	1.0025			
Energía Base (\$/kWh)	0.6072	0.6328	0.6901	0.64	0.7053	0.61	0.6412	0.7287	0.7569	0.838			

Tarifa H-MC Zona Noroeste													
Cargos	Dic./15	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Demanda (\$/kW)	109.65	109.56	110.14	111.95	113.47	112.86	112.93	114.56	116.7	117.56			
Energía Punta (\$/kWh)	1.3472	1.3727	1.4339	1.3986	1.4745	1.3787	1.4117	1.5112	1.5534	1.6362			
Energía Intermedia (\$/kWh)	0.94	0.9796	1.0684	0.9908	1.0919	0.9444	0.9928	1.1282	1.1719	1.2975			
Energía Base (\$/kWh)	0.7186	0.7489	0.8168	0.7575	0.8348	0.722	0.759	0.8625	0.8959	0.9919			

Anexo 3.

Permisos ante Comisión Reguladora de Energía (CRE)

Un permisionario es una persona física o moral que solicitó y obtuvo de la CRE⁸ el permiso necesario para generar energía eléctrica bajo alguna de las modalidades establecidas que no corresponden a servicio público. En este sentido para sistemas fotovoltaicos con capacidad mayor de 500 kW, que se interconecten en tensiones mayores a 1 kV y hasta 400 kV, que requieran hacer uso del SEN para portear energía a sus puntos de carga, deberán solicitar el otorgamiento del permiso de cogeneración de energía eléctrica con la CRE antes de solicitar un contrato de interconexión con la CFE.

Modalidad	Capacidad kW	Permiso CRE	Interconexión CFE
GENERADORES	10 > kW ≤ 30 (pequeña escala)	No requiere permiso de cogeneración	Requiere contrato de interconexión
	30 > kW ≤ 500 (mediana escala)	No requiere permiso de cogeneración	Requiere contrato de interconexión
PERMISIONARIOS	> 500 kW	Requiere permiso de cogeneración	Requiere contrato de interconexión, convenio de instalaciones y cesión; y convenio de servicios de transmisión
	Cogeneración eficiente De acuerdo al cumplimiento con criterios mínimos de eficiencia determinados por la CRE	Requiere permiso de cogeneración y acreditación de cogeneración eficiente	Requiere contrato de interconexión, convenio de instalaciones y cesión; y convenio de servicios de transmisión

⁸ <http://www.conuee.gob.mx/pdfs/cogeneracion.pdf>

Anexo 4.

Tramites de Interconexión

Requisitos	Contrato de interconexión
<p>Los requisitos para realizar un contrato de interconexión en pequeña escala con CFE, son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • que tengas un contrato de suministro normal en baja tensión, • que las instalaciones cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas y con las especificaciones de CFE, • y que la potencia de tu sistema FV no sea mayor de 10 kW_p si lo instalaste en tu domicilio, ó de 30 kW_p si lo instalaste en tu negocio. 	<p>La duración del contrato es indefinida y puede terminarse cuando lo desees notificando a la CFE con al menos 30 días de anticipación.</p> <p>✦ Actualmente la CFE registra tus consumos de energía eléctrica con medidores que sólo integran la energía que recibes de la red. Al establecer un contrato de interconexión, CFE te cambiará el medidor, instalando uno que permitirá registrar tanto la energía eléctrica que entra a tu servicio, como la energía eléctrica que sale.</p>

<p>Sitio de CFE en internet http://www.cfe.gob.mx/</p>	<p>Ubicación de agencias comerciales: Inicio → Contacto → CFE móviles y oficinas de atención</p> <p>Descarga de solicitud y documentos: Inicio → Responsabilidad Social → Energía renovable</p>
---	---

Pasos para realizar el contrato de interconexión

1. Solicitud Acude a la agencia comercial de CFE más cercana llevando el formato de solicitud lleno.

La persona que deberá realizar el trámite deberá ser el titular del contrato de suministro normal, si es persona física, o el representante legal, si se trata de persona moral. En ambos casos se requiere presentar identificación oficial. Si se trata de persona moral, el representante deberá presentar también la documentación que acredite la constitución de la sociedad y el otorgamiento de facultades de la misma hacia la persona que realiza el trámite.

2. Número de solicitud Recibirás un número de solicitud. Con este número podrás dar seguimiento a tu solicitud de interconexión.

3. Revisión de la instalación y requerimiento de obras Personal del área técnica de CFE acudirá a tu domicilio para revisar que el sistema FV cumpla con los requisitos técnicos correspondientes. CFE te informará de los resultados de la revisión, y en su caso, de las obras que se requiere construir o modificar para efectuar la interconexión, mismas que correrán a cargo del solicitante.

4. Firma de contrato y pago del importe Una vez que haya sido aprobado técnicamente, la persona que realiza el trámite acudirá nuevamente a la agencia comercial de CFE más cercana a firmar su contrato de interconexión y a pagar el importe correspondiente a la diferencia de costos de los medidores.

5. Instalación del medidor bidireccional Personal técnico de CFE acudirá a tu domicilio a cambiar el medidor.

6. Contrato de interconexión A partir de ese momento, ya tendrás un contrato de interconexión con CFE.

Anexo 5.

Glosario.

Análisis financiero: Procedimiento utilizado para evaluar la estructura de las fuentes y usos de los recursos financieros. Se aplica para establecer las modalidades bajo las cuales se mueven los flujos monetarios, y explicar los problemas y circunstancias que en ellos influyen.

Banca comercial: Se denomina así a las instituciones de crédito autorizadas por el Gobierno Federal para captar recursos financieros del público y otorgar a su vez créditos, destinados a mantener en operación las actividades económicas. Por estas transacciones de captación y financiamiento, la banca comercial establece tasas de interés activas y pasivas.

Banco: Intermediario financiero que cuenta con autorización específica para realizar captación de recursos del público en general para su posterior colocación en el público o los mercados financieros, mediante créditos o inversiones.

Banco Europeo de Inversiones (BEI): Es una institución financiera de la UE, cuya misión es financiar proyectos relacionados con los objetivos de la Unión, con el fin de contribuir a la integración, desarrollo equilibrado y la cohesión económica y social de los Estados miembros.

Cable tipo THW-LS: Son fabricados para uso confiable en lugares seco, mojado o en aceite, e instalados en ducto, conduit o en charolas. Sus excelentes propiedades autoextinguibles, lo hacen ideal para ser instalado en las construcciones de vivienda y pequeños comercios.

Cable tipo USE-2/RHH/RHW-2: Son conductores de aleación de aluminio serie AA-8030 para 600 volts con recubrimiento XLPE resistente a la humedad, calor, y propagación de flama. El aislamiento termo-fijo en estos cables permite que puedan ser enterrados directamente. Son ideales como cables de entrada de acometida a nivel de piso afuera de los inmuebles y para uso subterráneo como alimentación en redes de distribución y de alumbrado.

Demanda: Cantidad de bienes y servicios que los agentes económicos desean y pueden comprar a un precio dado en un periodo determinado. En teoría la demanda y la oferta son los dos componentes básicos que fijan el precio de los bienes y servicios.

Deseo de cualquier persona por adquirir un bien o servicio económico.

Demanda máxima o Facturable: Se puede definir como la máxima coincidencia de cargas en un intervalo de tiempo. El medidor de energía almacena la lectura

correspondiente al máximo valor registrado de demanda (kW) en intervalos de 15 minutos del periodo de facturación.

Energía: Se define como la capacidad de realizar trabajo, de producir movimiento, de generar cambio. Es inherente a todos los sistemas físicos, y la vida en todas sus formas, se basa en la conversión, uso, almacenamiento y transferencia de energía.

Energía Primaria: Es la que se obtiene de la naturaleza (el agua saliendo de una presa, el carbón de una mina, el petróleo, el gas natural, el uranio la leña, etc.) y es el contenido de energía total de la fuente de energía original. También denomina energía primaria a la que se extrae directamente de los yacimientos sin ser sometida a ningún tipo de transformación.

Energía Renovable: Son aquellas que se producen de manera continua y son inagotables a escala humana. Son recursos que continuamente se están regenerando a una velocidad similar a la de su consumo por el hombre y son provenientes de la naturaleza.

Factor de planta (F.P): Es el cociente entre la energía real generada por la central eléctrica durante un período (generalmente anual) y la energía generada si hubiera trabajado a plena carga durante ese mismo período, conforme a los valores nominales de las placas de identificación de los equipos. Es una indicación de la utilización de la capacidad de la planta en el tiempo.

Los factores de planta o factores de capacidad varían considerablemente dependiendo del tipo de combustible que se utilice y del diseño de la planta. El factor de planta no se debe confundir con el factor de disponibilidad o con eficiencia.

Fideicomiso: Figura jurídica mercantil en virtud de la cual un fideicomitente destina ciertos bienes a un fin lícito determinado, encomendando su realización a una institución fiduciaria.

Acto por el cual se destinan ciertos bienes a un fin lícito determinado, encomendando a una institución fiduciaria la realización de ese fin. La ley mexicana sólo acepta el fideicomiso expreso.

Financiamiento externo: Importe de los empréstitos que se obtienen en efectivo o en especie de acreedores extranjeros y que son además, motivo de autorización y registro por parte de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, sin importar el tipo de moneda en que se documentan.

Financiamiento interno: Importe de los empréstitos que se obtienen en efectivo o en especie de acreedores nacionales y que son además, motivo de autorización y registro por parte de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, sin importar el tipo de moneda en que se documenten.

Institución financiera: Entidad que interviene en los mercados financieros y cuya actividad consiste en captar o intermediar fondos del público e invertirlos en activos como títulos valores, depósitos bancarios, etc.

Interés (tasa de): Rédito, tasa de utilidad o ganancia del capital, que generalmente se causa o se devenga sobre la base de un tanto por ciento del capital y en relación al tiempo que de éste se disponga. Llanamente es el precio que se paga por el uso de fondos.

Porcentaje que sobre el monto de un capital, paga periódicamente al dueño del mismo la persona física o moral que toma en préstamo o en depósito dicho capital.

Inversión: Empleo de una suma de dinero en compras de bienes duraderos o títulos. Gasto que se efectúa para mantener en funcionamiento o para ampliar el equipo productivo de una empresa. Bienes y servicios producidos pero no consumidos. Suma de dinero sobrante que se destina a la obtención de rendimiento mediante instrumentos financieros o bancarios.

KfW: Es un banco alemán gubernamental de desarrollo con sede en Fráncfort. Las siglas KfW significan *Kreditanstalt für Wiederaufbau* (al español, *Instituto de Crédito para la Reconstrucción o Banco de Crédito para la Reconstrucción*).

Los propósitos de esta institución consisten en la realización de contratos públicos como el fomento a medianas empresas de reciente fundación y la financiación de proyectos de infraestructura, técnicas de ahorro de electricidad y construcción de viviendas. Otras actividades llevadas a cabo por KfW Bankgruppe son la financiación de créditos de formación de empresas y la cooperación al desarrollo.

Modulación por ancho o de pulso (o en inglés pulse width modulation PWM): Es un tipo de señal de voltaje utilizado para enviar información o para modificar la cantidad de energía que se envía a una carga. Este tipo de señales es muy utilizada en circuitos digitales que necesitan emular una señal analógica.

MOSFET (en inglés Metal-oxide-semiconductor Field-effect transistor): Transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor o es un transistor utilizado para amplificar o conmutar señales electrónicas. Es el transistor más utilizado en la industria microelectrónica, ya sea en circuitos analógicos o digitales, aunque el transistor de unión bipolar fue mucho más popular en otro tiempo.

Oferta: Cantidad de bienes y servicios disponibles para la venta y que los oferentes están dispuestos a suministrar a los consumidores a un precio determinado.

Policristalino: Silicio policristalino, también llamado polisilicio, es un material que consiste en pequeños cristales de silicio. Se diferencia del silicio monocristalino,

utilizado en electrónica y células solares, y del silicio amorfo, que se utiliza para los dispositivos de película delgada y otras células solares.

Tarifa eléctrica: Son disposiciones específicas que contienen las cuotas y condiciones que rigen los suministros de energía eléctrica y se identifican oficialmente por su número y/o letra(s), según su aplicación.

Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (TIIE): Es una tasa representativa de las operaciones de crédito entre bancos. La TIIE es calculada diariamente (para plazos 28 y 91 días) por el Banco de México con base en cotizaciones presentadas por las instituciones bancarias mediante un mecanismo diseñado para reflejar las condiciones del mercado de dinero en moneda nacional. La TIIE se utiliza como referencia para diversos instrumentos y productos financieros, tales como tarjetas de crédito.

Tasa Interna de Retorno (TIR): Es el rédito de descuento que iguala el valor actual de los egresos con el valor futuro de los ingresos previstos, se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte. Si la tasa de rendimiento del proyecto - expresada por la TIR- supera a la tasa de corte, se le acepta; en caso contrario, se le rechaza.

Indicador de la rentabilidad de un proyecto. Se define como el valor de la tasa de actualización que iguala entre sí las corrientes temporales de ingresos y costos. Es pues el umbral por encima y por debajo del cual las tasas de descuento utilizadas para el cálculo del valor neto actualizado hacen que este valor sea negativo o positivo.

Tonelada equivalente de petróleo (tep): Es una unidad de energía. Su valor equivale a la energía que rinde una tonelada de petróleo, la cual, como varía según la composición química de éste, se ha tomado un valor convencional de: 41 868 000 000 J (julios) = 11 630 kWh (kilovatios-hora).

Transistor bipolar de puerta aislada (IGBT, del inglés): Es un dispositivo semiconductor que generalmente se aplica como interruptor controlado en circuitos de electrónica de potencia. Este dispositivo posee las características de las señales de puerta de los transistores de efecto campo con la capacidad de alta corriente y bajo voltaje de saturación del transistor bipolar, combinando una puerta aislada FET para la entrada de control y un transistor bipolar como interruptor en un solo dispositivo.

Valor presente: Es la diferencia entre el costo de capital de una inversión y el valor presente del flujo de efectivo futuro a que dará origen la inversión.