



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

ESTUDIO COMPARATIVO DE UNA CENTRAL ELÉCTRICA
OPERADA CON TECNOLOGÍA GEOTÉRMICA Y UNA CENTRAL
OPERADA CON HIDROCARBUROS

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

ÁREA MECÁNICA

PRESENTA:

IVÁN DARÍO RUIZ ZÁRATE

ASESOR:

ING. JUAN ALFONSO GONZÁLEZ SAKAGUCHI



Ciudad Nezahualcóyotl

ESTADO DE MÉXICO,



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
CAPÍTULO 1. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN MÉXICO.....	5
1.1 Electricidad.....	5
1.1.1 El átomo.....	5
1.1.2 Carga eléctrica.....	6
1.1.3 Corriente eléctrica.....	7
1.1.4 Dinamo.....	8
1.2 La electricidad en México.....	8
1.2.1 Antecedentes Históricos.....	8
1.2.2 La CFE en México.....	10
1.2.3 La SENER en México.....	13
1.3 México y su capacidad para generar energía eléctrica.....	17
1.3.1 Capacidad efectiva de generación en México.....	18
1.3.2 Generación bruta de energía eléctrica en México.....	21
1.3.3 Consumo de combustible necesario para producir energía.....	22
1.3.4 Ventas internas de la energía eléctrica	23
1.3.5 Productos por ventas de energía eléctrica.....	24
1.3.6 Precios medios de energía eléctrica.....	26
1.3.7 Datos técnicos de las principales centrales de CFE en operación.....	26
1.3.8 Datos técnicos de los productores externos de energía en operación.....	28
1.4 Proyectos de generación en proceso de construcción en México.....	30

CAPÍTULO 2. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN UNA CENTRAL OPERADA CON HIDROCARBUROS.....	31
2.1 Centrales operadas con hidrocarburos en México.....	31
2.1.1 Datos técnicos de una central operada con hidrocarburos.....	35
2.1.2 Capacidad efectiva de generación en una central operada con hidrocarburos.....	38
2.1.3 Impacto ambiental de una central operada con hidrocarburos.....	39
CAPÍTULO 3. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN UNA CENTRAL OPERADA CON TECNOLOGÍA GEOTÉRMICA.....	41
3.1 Centrales eléctricas en México que operan con energía geotérmica.....	42
3.1.1 Datos técnicos de un central geotérmica.....	45
3.1.2 Capacidad efectiva de generación en una central geotérmica.....	60
3.1.3 Impacto ambiental en una central operada con energía geotérmica.....	63
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS Y PROPUESTA COMPARATIVA.....	65
4.1 Análisis de las ventajas y desventajas entre ambas centrales.....	65
4.1.1 Análisis de costos en la Infraestructura.....	70
4.1.2 Análisis de los instrumentos normativos en proyectos de centrales eléctricas.....	75
4.1.3 La Reforma Energética 2013-2014.....	81
4.1.4 Propuesta comparativa.....	85
CONCLUSIONES.....	87
BIBLIOGRAFÍA.....	91

INTRODUCCIÓN

El hombre a través del tiempo ha aprendido a utilizar los recursos naturales que le brinda el planeta en el que habita, aprovechando la energía contenida en la tierra, manejándola y transformándola para obtener un beneficio común y de este modo un desarrollo constante en su propia evolución.

La generación de energía eléctrica es uno de los descubrimientos más importantes en la historia, ha sido fundamental para el progreso de la humanidad pues sin lugar a dudas sin esta no sería el mismo; es por ello que a cada momento se continua la búsqueda en la generación de electricidad con medios que además de ser efectivos mantengan una constante armonía con nuestro planeta y todo lo que habita en él, por supuesto que antes de aprender a generar energía eléctrica el hombre tuvo que descubrirla primero y para que este descubrimiento se diera debió primeramente entender ¿qué es la electricidad?, ¿cómo es que se comporta?, ¿en dónde se encuentra?, ¿cómo se puede manipular? y desde luego ¿cuál es la mejor manera para generarla? para de este modo llevarla a su utilización.

La sociedad debe hacer conciencia de que es necesario utilizar energías limpias que no contaminen sustituyendo el uso de hidrocarburos, permitiendo de esta forma la generación de tan impresionante energía sin que esto implique el uso de medios que afecten negativamente el medio ambiente.

En el presente trabajo se estudiará y entenderá mediante un análisis comparativo cuales son las diferencias, ventajas y desventajas de utilizar un hidrocarburo como lo es el gas natural, diesel, combustóleo entre otros y el uso de un proceso geotérmico en la generación de electricidad.

CAPÍTULO 1. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN MÉXICO.

1.1 Electricidad.

Dado que se hablará todo momento sobre la electricidad es importante conocer su historia, origen, desarrollo y descubrimiento así como la evolución que ha tenido en su generación. La electricidad es una forma de energía que se encuentra en la materia, la cual está formada por numerosas asociaciones microscópicas denominadas moléculas, que a la vez están integradas por átomos (Edimar, 2001).

1.1.1 El átomo.

Los átomos están formados por partículas aún más pequeñas llamadas subatómicas: los protones (carga positiva) y los neutrones (carga neutra), que se encuentran en el núcleo, y los electrones (carga negativa) que se encuentran orbitando a gran velocidad alrededor del núcleo, cada una de estas partículas subatómicas tiene características particulares como se observa a continuación en la Tabla 1.1 (ILCE, 2013).

PARTÍCULA	SÍMBOLO	MASA	CARGA
PROTÓN	P	1.67×10^{-27}	Positiva
ELECTRÓN	E	9.10×10^{-31}	Negativa
NEUTRÓN	N	1.67×10^{-27}	Neutra

Tabla 1.1 Masa y carga de las partículas subatómicas.

1.1.2 Carga eléctrica.

Las cargas eléctricas son partículas que ejercen fuerzas atractivas y repulsivas entre ellas, ya que estas partículas tienen una masa que se oponen a ser aceleradas por fuerza alguna y sufren de la atracción gravitacional del centro de la Tierra, como todo cuerpo sobre la superficie del planeta. Se dividen en dos tipos; cargas positivas y cargas negativas, una carga positiva y una carga negativa se atraen entre sí, cuando ambas son positivas o negativas se repelen entre sí (ILCE, 2013).

Las primeras cargas eléctricas se observaron como una fuerza de atracción entre dos materiales que se frotaban, esto originaba que los electrones pasaran de un material a otro y así quedaban ambos materiales cargados, uno con carga positiva por haber perdido electrones y otro con carga negativa por haber quedado con más electrones de los necesarios para que hubiera neutralidad. (ILCE, 2013).

Por ejemplo: cuando se frota resina con vidrio, la resina se carga positivamente y el vidrio negativamente, ya que todas las cargas que repele el vidrio frotado son cargas negativas y todas las cargas atraídas por el vidrio son positivas. (ILCE, 2013).

Las cargas eléctricas circulan por conductores metálicos con gran facilidad pero no se pueden conducir por materiales llamados dieléctricos como son los plásticos, la madera, la cerámica, entre otros; algunos electrones se mueven fácil y rápidamente de un átomo a otro cuando son impulsados por la energía producida en las centrales eléctricas o en cualquier otra fuente con el fin de transformar trabajo o energía química en energía electromagnética. (Edimar, 2001).

1.1.3 Corriente eléctrica.

En algunos materiales, los electrones pueden salir de los átomos y moverse libremente como ejemplo tenemos el cobre que es utilizado en circuitos eléctricos. Cuando los electrones circulan en una misma dirección, se forma una corriente eléctrica. Este fenómeno físico se muestra en la Fig. 1.1 (Orear, 1967).

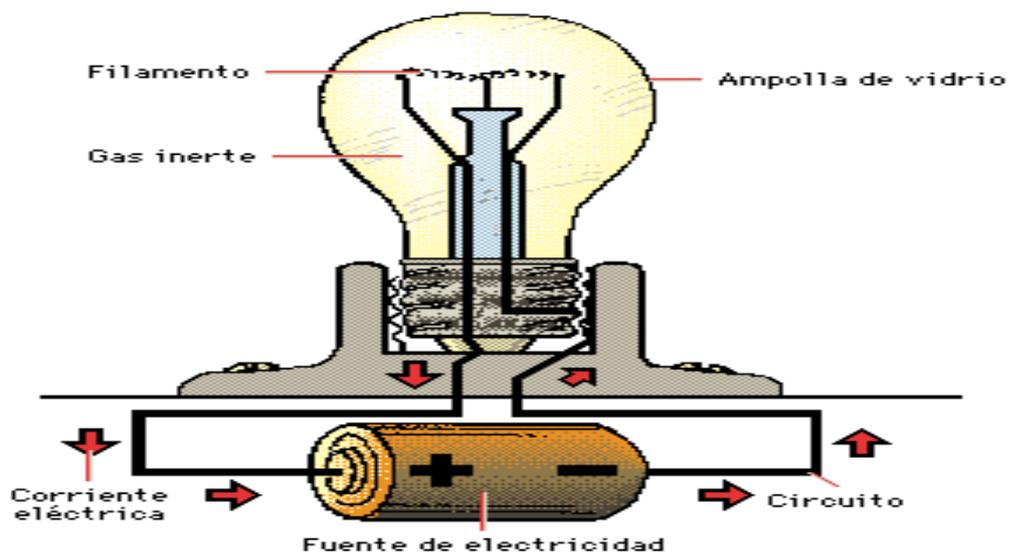


Imagen 1.1 Flujo de una corriente eléctrica.

Una de las funciones que produce la corriente eléctrica es generar movimiento mecánico, utilizado en motores generalmente, esto es posible debido a la relación entre magnetismo y electricidad. Los motores funcionan por inducción electromagnética, las corrientes eléctricas en los embobinados crean campos magnéticos. (ILCE, 2013).

Una bobina o solenoide consiste en un hilo conductor, generalmente de cobre revestido por barniz aislante, enrollado sobre un cilindro de material no metálico, el paso de corriente eléctrica por una bobina produce un campo magnético en su entorno de iguales propiedades y características que las de un imán. (Edimar, 2001).

1.1.4 Dinamo.

Convertir la energía eléctrica en trabajo mecánico y viceversa se realiza por medio del dinamo inventado por el físico belga Zénobe Théophile Gramme (1826-1901); este invento se usa en las centrales hidroeléctricas, donde el trabajo mecánico producido por la caída de agua mueve enormes dinamos. Para entender como es el funcionamiento de un dinamo se debe conocer el comportamiento del disco de Faraday, que básicamente es un conductor que gira en medio de un campo magnético lo cual produce carga eléctrica. (Orear, 1967).

1.2 La electricidad en México.

La generación de energía eléctrica en México ha evolucionado de manera considerable desde sus inicios en nuestro país, pues ha pasado de ser un servicio casi exclusivo para las clases altas y comerciantes a estar en el 94.7% de la población del país; México no sólo se ha comprometido con abastecer a su población en su totalidad, también lo hace pensando en encontrar en este proceso de generación eléctrica una mejor armonía con el medio ambiente.

1.2.1 Antecedentes Históricos.

México comenzó a generar energía eléctrica a finales del siglo XIX. La primera planta generadora instalada en México se ubicó en León, Guanajuato en 1879; originalmente la utilizaba la fábrica textil “La Americana”. Paulatinamente se incorporó a la industria minera y, en menor escala, a la iluminación residencial y pública. (CFE, 2014).

La primera planta hidroeléctrica del país inició operaciones en 1889, ubicada en Batopilas Chihuahua; esta poco a poco extendió su distribución hacia mercados y comercios en donde la población era de capacidades económicas altas. Durante el Porfiriato se otorgó

al sector eléctrico el carácter de servicio público y se colocaron las primeras 40 lámparas "de arco" en la Plaza de la Constitución, 100 más en la Alameda Central e inició la iluminación de la entonces calle de Reforma y de algunas otras vías de la Ciudad de México. (CFE, 2014).

También se crearon filiales como The Mexican Light and Power Company, de origen canadiense en el centro del país; el consorcio The American and Foreign Power Company, con tres sistemas interconectados en el norte de México, y la Compañía Eléctrica de Chapala, en el occidente. Para inicios del siglo XX, México contaba con una capacidad de 31 MW, propiedad de empresas privadas. Para 1910 eran 50 MW, de los cuales 80% los generaba The Mexican Light and Power Company. Con el primer gran proyecto hidroeléctrico: la planta Necaxa en Puebla, las tres compañías eléctricas tenían las concesiones e instalaciones de la mayor parte de las pequeñas plantas que sólo funcionaban en sus regiones. (CFE, 2014).

Esto dio paso al primer esfuerzo para ordenar la industria eléctrica con la creación de la Comisión Nacional para el Fomento y Control de la Industria de Generación y Fuerza, conocida posteriormente como Comisión Nacional de Fuerza Motriz. El 2 de diciembre de 1933 se decretó que la generación y distribución de electricidad son actividades de utilidad pública. Para 1937, México contaba con 18.3 millones de habitantes, de estos, únicamente 7 millones contaban con electricidad proporcionada con muchas dificultades por las tres empresas privadas. Las interrupciones de luz eran constantes y las tarifas muy elevadas, debido a que esas empresas se enfocaban a los mercados urbanos más redituables, sin contemplar a las poblaciones rurales, donde habitaba más de 62% de la población. La capacidad instalada de generación eléctrica en el país era de 629 MW. (CFE, 2014).

1.2.2 La CFE en México.

Ya que las condiciones del país no permitía su desarrollo, el gobierno federal creó, el 14 de agosto de 1937, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que tendría por objeto organizar y dirigir un sistema nacional de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, basado en principios técnicos y económicos, sin propósitos de lucro y con la finalidad de obtener con un costo mínimo, el mayor rendimiento posible en beneficio de los intereses generales. Esta ley se promulgó en la Ciudad de Mérida, Yucatán el 14 de agosto de 1937 y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de agosto de 1937. (CFE, 2014).

CFE inició de inmediato la construcción de plantas generadoras y la ampliación de las redes de transmisión y distribución, beneficiando a más mexicanos al posibilitar el bombeo de agua de riego, la molienda, mayor alumbrado público y la electrificación de comunidades. (CFE, 2014).

La CFE realizó sus primeros proyectos de energía eléctrica en Teloloapan (Guerrero), Pátzcuaro (Michoacán), Suchiate y Xía (Oaxaca), y Ures y Altar (Sonora). En 1938 con la construcción de los canales, caminos y carreteras lo que después se convirtió en el Sistema Hidroeléctrico Ixtapantongo, en el Estado de México, que posteriormente fue nombrado Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán inició el primer gran proyecto hidroeléctrico del país. (CFE, 2014).

Para 1938, CFE contaba con una capacidad generadora de 64 kW, la cual, en ocho años, aumentó hasta alcanzar 45,594 kW. Esto propició que las compañías privadas dejaran de invertir y CFE se vio obligada a generar energía para que éstas la distribuyeran en sus redes, mediante la reventa. En 1960 la CFE aportaba el 54% de los 2,308 MW de

capacidad instalada, la empresa Mexican Light el 25%, la American and Foreign el 12%, y el resto de las compañías 9%. (CFE, 2014).

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de generación y electrificación, para esa época apenas 44% de la población contaba con electricidad. Por eso el presidente Adolfo López Mateos decidió nacionalizar la industria eléctrica, el 27 de septiembre de 1960, adquiriendo el Estado los bienes e instalaciones de las compañías lo que dio paso a la creación del Sistema Eléctrico Nacional, extendiendo la cobertura del suministro y acelerando la industrialización. (CFE, 2014).

Para 1961 la capacidad total instalada en el país ascendía a 3,250 MW. CFE vendía 25% de la energía que producía y su participación en la propiedad de centrales generadoras de electricidad pasó de cero a 54%.(CFE, 2014).

La inversión pública destinada a obras de infraestructura fue más del 50% durante esta década. Se construyeron importantes centros generadores, entre ellos los de Infiernillo y Temascal, y se instalaron otras plantas generadoras alcanzando, en 1971, una capacidad instalada de 7,874 MW. (CFE, 2014).

Durante esta década se superó el reto de sostener el ritmo de crecimiento al instalarse, entre 1970 y 1980, centrales generadoras que dieron una capacidad instalada de 17,360 MW. CFE también definió y unificó los criterios técnicos y económicos del Sistema Eléctrico Nacional, normalizando los voltajes de operación, con la finalidad de estandarizar los equipos, reducir sus costos y los tiempos de fabricación, almacenaje e inventariado. Posteriormente se unificaron las frecuencias a 60 Hertz y CFE integró los sistemas de transmisión en el Sistema Interconectado Nacional (CFE, 2014).

En los años 80 el crecimiento de la infraestructura eléctrica fue menor que en la década anterior, principalmente por la disminución en la asignación de recursos a la CFE. No obstante, en 1991 la capacidad instalada ascendió a 26,797 MW. Para inicios del año 2000 se contaba con una capacidad instalada de generación de 35,385 MW, cobertura del servicio eléctrico del 94.7% a nivel nacional, una red de transmisión y distribución de 614,653 km, lo que equivale a más de 15 vueltas completas a la Tierra y más de 18.6 millones de usuarios, incorporando casi un millón cada año. A partir de octubre de 2009, CFE es la encargada de brindar el servicio eléctrico en todo el país. Actualmente CFE es reconocida como una de las mayores empresas eléctricas del mundo, y aún mantiene integrados todos los procesos del servicio eléctrico. (CFE, 2014).

El Sistema Eléctrico Nacional está conformado por dos sectores, el público y el privado. El sector público estaba integrado por CFE, Luz y Fuerza del Centro (siglas LyFC, extinta por decreto presidencial el 11 de octubre de 2009) y los Productores Independientes de Energía (PIEs), estos últimos entregan su energía a CFE para el servicio público de energía eléctrica. Por otro lado, el sector privado agrupa las modalidades de cogeneración, autoabastecimiento, usos propios y exportación.

De estas modalidades, el autoabastecimiento tiene una fuerte presencia en diversos sectores, tal es el caso del industrial, comercial y particularmente en el sector servicios, donde se ha registrado un importante incremento en la capacidad instalada durante los últimos años.

En términos generales, la estructura del Sistema Eléctrico Nacional se conforma de tres fases: generación, transmisión y distribución, como se muestra en la Imagen 1.2, las cuales son realizadas dentro del sistema eléctrico a través de centrales eléctricas, líneas de transmisión y distribución. (CFE, 2014).



Imagen 1.2 Generación, transporte y distribución de la energía eléctrica.

1.2.3 La SENER en México.

En los primeros intentos por constituir la administración pública en el país se da con la publicación, el 8 de noviembre de 1821, del Reglamento Provisional para el Gobierno Interior y Exterior de las Secretarías de Estado y del Despacho Universal, mediante el cual se crearon cuatro Secretarías de Estado: Justicia y Negocios Eclesiásticos, Guerra y Marina, Hacienda, así como Relaciones Interiores y Exteriores, delegando a esta última facultades para la atención de todas las ramas económicas. El 22 de abril de 1853 mediante este decreto, se establecen las Bases para la Administración de la República hasta la promulgación de la Constitución, con el cual se creó la Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio, misma que detentó la autoridad para despachar, entre otros, los siguientes asuntos: formación de la estadística general de la industria minera y mercantil, las medidas conducentes al fomento de todos los ramos industriales y mercantiles y las exposiciones públicas de productos de la industria minera. En 1917 con la expedición del Decreto publicado por la Presidencia de la República, el día 31 de

marzo se da origen a la Secretaría de Industria y Comercio, con atribuciones para el despacho de los asuntos relacionados con el comercio, industria en general, cámaras y asociaciones industriales y comerciales, enseñanza comercial, minería, petróleo, propiedad mercantil e industrial, estadística minera, entre otros. (CFE, SENER, 2014).

El 7 de diciembre de 1946, la Ley de Secretarías y Departamentos de Estado creó la Secretaría de Bienes Nacionales e Inspección Administrativa con la finalidad de atender los asuntos relacionados con la custodia y salvaguarda de los bienes nacionales. Debido al incremento de las actividades económicas del país y de conformidad con las reformas a la Ley de Secretarías y Departamentos de Estado del 23 de diciembre de 1958, la Secretaría de Bienes Nacionales e Inspección Administrativa se convierte en la Secretaría de Patrimonio Nacional (Sepanal), con las mismas funciones, así como con las relativas a la organización, reglamentación, control y vigilancia de las Juntas Federales de Mejoras Materiales. Asimismo, se le confieren las funciones referentes a la posesión, vigilancia, conservación y/o administración de los bienes de propiedad originaria del Estado, mismos que constituyen los recursos naturales renovables y no renovables. El 13 de marzo de 1959 se constituye la Junta de Gobierno de los Organismos Descentralizados y Empresas de Participación Estatal, área administrativa del titular del ramo que asume las funciones de la Sepanal, en lo relativo al control, vigilancia y coordinación de organismos descentralizados y entidades paraestatales. (CFE, SENER, 2014).

Posteriormente, el 25 de agosto del mismo año, se publica el Reglamento de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, para definir con precisión todo aquello que se relaciona con la industria petrolera y delimitar el campo de acción reservado de forma exclusiva a la nación, así como aquellos campos en los que podían intervenir los particulares y los procedimientos para la obtención de los permisos y

autorizaciones respectivas; éstas funciones se encargaron a un organismo consultivo denominado Comisión Petroquímica Mexicana. (CFE, SENER, 2014).

Con la expedición de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, en el Diario Oficial de la Federación del 29 de diciembre de 1976, se abroga la Ley de Secretarías y Departamentos de Estado. Esta nueva Ley crea la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (Sepafin), que conserva entre otras atribuciones la posesión, vigilancia, conservación o administración de los bienes de propiedad originaria, mismos que constituyen recursos naturales no renovables. (CFE, SENER, 2014).

Posteriormente, y según lo dispuesto en el acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación del 17 de enero de 1977, a la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial se le adscribieron para su coordinación las industrias que en el ramo eran parte de la Subsecretaría de Patrimonio Nacional, la cual posteriormente se transformó en la Subsecretaría de la Industria Paraestatal. En lo general, la Dependencia se orientó a vigilar y dirigir la exploración, evaluación y explotación de los recursos patrimoniales del Estado.

De igual forma, mediante la participación del Titular de la Dependencia en los Órganos de Gobierno de los Institutos Mexicano del Petróleo, Nacional de Investigaciones Nucleares y de Investigaciones Eléctricas, se avocó a la coordinación y fomento de las actividades de investigación y desarrollo en materia de energía y petroquímica básica. (CFE, 2014).

Con fundamento en las reformas y adiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal aprobadas por el H. Congreso de la Unión el 29 de diciembre de 1982, la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial se transformó en la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (Semip), acción que formó parte del proceso de

modernización administrativa emprendida por el Ejecutivo Federal, quien consideró necesario lograr un mayor grado de especialización en el área de energéticos, de la minería y de la industria básica y estratégica. La nueva Semip, transfirió a la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial las funciones relacionadas con el fomento industrial. El día 28 de diciembre de 1994, como resultado de la reforma a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal propuesta por el Ejecutivo Federal y aprobada por el H. Congreso de la Unión, la Semip se transforma en Secretaría de Energía (Sener), y se le confiere la facultad de conducir la política energética del país, con lo que fortalece su papel como coordinadora del sector energía al ejercer los derechos de la nación sobre los recursos no renovables: petróleo y demás hidrocarburos, petroquímica básica, minerales radiactivos, aprovechamiento de los combustibles nucleares para la generación de energía nuclear, así como el manejo óptimo de los recursos materiales que se requieren para generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer la energía eléctrica que tenga por objeto la prestación del servicio público; con objeto de que estas funciones estratégicas las realice el Estado, promoviendo el desarrollo económico, en la función de administrar el patrimonio de la nación y preservar nuestra soberanía nacional. (CFE, SENER, 2014).

Para dar cumplimiento a las políticas y lineamientos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 1995–2000, en el Programa de Desarrollo y Reestructuración del Sector de la Energía y en el Programa de Modernización de la Administración Pública 1995–2000, en el año de 1996 se definen acciones de reestructuración y redimensionamiento de la Secretaría, que son concretadas en las reformas y adiciones al Reglamento Interior, mismo que es publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de julio de 1997. En el año 2001, los cambios en un mundo cada vez más globalizado incidieron en el rumbo de la economía de nuestro país e hicieron necesario modernizar y fortalecer la estructura de la Dependencia, con la finalidad de que respondiera a las nuevas tendencias mundiales y a las exigencias de una sociedad mexicana cada vez más participativa y demandante de mejores servicios. (CFE, SENER, 2014).

El proceso de reestructuración buscó principalmente la especialización de la Secretaría en subsectores: hidrocarburos y electricidad. Ello se materializó en tres subsecretarías de estado y una oficialía mayor, y sus respectivas direcciones generales, descritas en el Reglamento Interior publicado el 4 de junio de 2001. (CFE, SENER, 2014).

En el año 2003 se establecen estrategias y acciones de reestructuración y redimensionamiento de la Secretaría, que son concretadas en una estructura organizacional más plana y acorde a la política de austeridad presupuestal del gobierno federal. Dicha estructura se establece en el Reglamento Interior, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 26 de enero de 2004. (CFE, SENER, 2014).

Con esta nueva estructura y con la aplicación de estrategias de innovación y calidad, modernización, racionalización y optimización de recursos, profesionalización del capital humano y el aprovechamiento de nuevas tecnologías, la Secretaría de Energía orienta su quehacer al diseño de políticas públicas energéticas y a la conducción estratégica de las actividades de su sector coordinado, su finalidad es garantizar el suministro de energéticos de manera eficiente, con calidad, seguro, rentable y respetuoso del medio ambiente. (CFE, SENER, 2014).

1.3 México y su capacidad para generar energía eléctrica.

Conocer las condiciones y los medios que utiliza México para la generación de energía eléctrica es de suma importancia, así como su distribución tal y como se observa en la Figura 1.3, esto permite comprender, cuáles son sus estadísticas en cuanto a capacidad, generación, consumo y producción, datos que permitirán hacer una comparación y de esta manera aprovechar mejor los medios que utiliza el país para generar energía eléctrica.

1.3.1 Capacidad efectiva de generación en México.

Como ya se ha mencionado con anterioridad en el presente trabajo, México ha logrado incrementar de manera importante su capacidad en la generación efectiva de electricidad y para comprender estos avances es necesario revisar las estadísticas que presentó durante los últimos cinco años. En la Tabla 1.2 se observa como se ha dado este incremento de energía eléctrica y en la Tabla 1.3 las tecnologías que han incrementado su uso, las que se han mantenido y aquellas que han disminuido su generación eléctrica. (CFE, SENER, 2014).

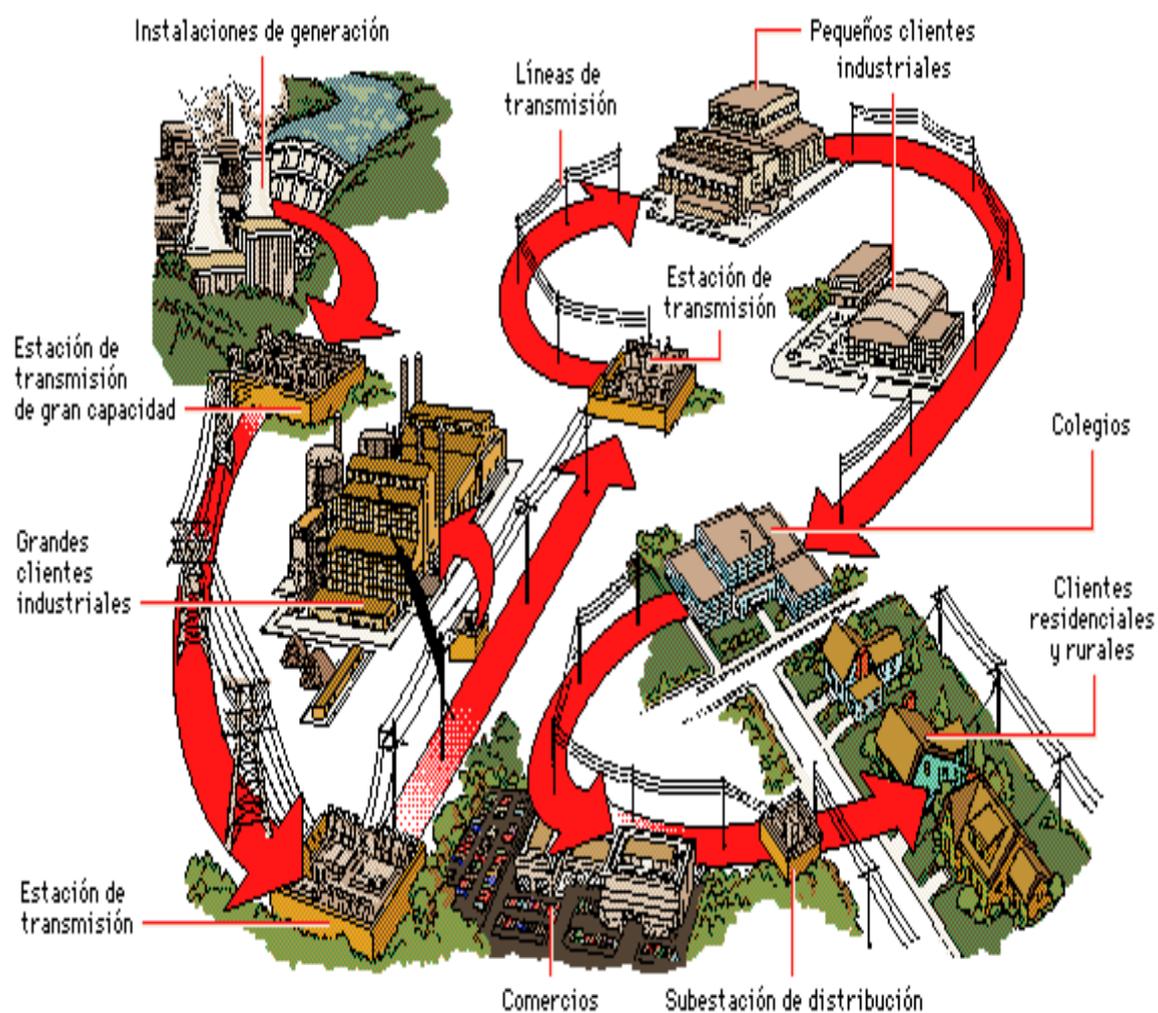


Imagen 1.3 Flujo de la distribución eléctrica.

ESTUDIO COMPARATIVO DE UNA CENTRAL ELÉCTRICA OPERADA CON TECNOLOGÍA GEOTÉRMICA Y UNA CENTRAL OPERADA CON HIDROCARBUROS

Mes	Hidroeléctrica	Termoeléctrica 2_/_	Ciclo Combinado - CFE	Ciclo Combinado - PEE's 3_/_	Duales 4_/_	Carboeléctrica	Nucleoeléctrica	Geotermoeléctrica	Eoloeléctrica - CFE	Eoloeléctrica - PEE's 3_/_	Fotovoltaica	Total
Enero 2009	11,343	15,734	5,456	11,457	2,100	2,600	1,365	965	85	0	0	51,105
Febrero 2009	11,343	15,734	5,456	11,457	2,100	2,600	1,365	965	85	0	0	51,105
Marzo 2009	11,343	15,734	5,456	11,457	2,100	2,600	1,365	965	85	0	0	51,105
Abril 2009	11,343	15,734	5,456	11,457	2,100	2,600	1,365	965	85	0	0	51,105
Mayo 2009	11,383	15,734	5,456	11,457	2,100	2,600	1,365	965	85	0	0	51,145
Junio 2009	11,383	15,734	5,456	11,457	2,100	2,600	1,365	965	85	0	0	51,145
Julio 2009	11,383	15,734	5,733	11,457	2,100	2,600	1,365	965	85	0	0	51,422
Agosto 2009	11,383	15,734	5,733	11,457	2,100	2,600	1,365	965	85	0	0	51,422
Septiembre 2009	11,383	15,754	5,733	11,457	2,100	2,600	1,365	965	85	0	0	51,442
Octubre 2009	11,383	15,852	5,733	11,457	2,100	2,600	1,365	965	85	0	0	51,540
Noviembre 2009	11,383	15,852	5,733	11,457	2,100	2,600	1,365	965	85	0	0	51,540
Diciembre 2009	11,383	15,616	6,115	11,457	2,100	2,600	1,365	965	85	0	0	51,686
Enero 2010	11,423	15,565	6,115	11,457	2,100	2,600	1,365	965	85	0	0	51,675
Febrero 2010	11,423	15,627	6,115	11,457	2,100	2,600	1,365	965	85	0	0	51,737
Marzo 2010	11,423	15,627	6,115	11,457	2,778	2,600	1,365	965	85	0	0	52,415
Abril 2010	11,423	15,627	6,115	11,457	2,778	2,600	1,365	965	85	0	0	52,415
Mayo 2010	11,463	15,627	6,115	11,457	2,778	2,600	1,365	965	85	0	0	52,455
Junio 2010	11,463	15,627	6,115	11,457	2,778	2,600	1,365	965	85	0	0	52,455
Julio 2010	11,463	15,627	6,115	11,457	2,778	2,600	1,365	965	85	0	0	52,455
Agosto 2010	11,463	15,627	6,115	11,907	2,778	2,600	1,365	965	85	0	0	52,905
Septiembre 2010	11,463	15,627	6,115	11,907	2,778	2,600	1,365	965	85	0	0	52,905
Octubre 2010	11,463	15,627	6,115	11,907	2,778	2,600	1,365	965	85	0	0	52,905
Noviembre 2010	11,503	15,627	6,115	11,907	2,778	2,600	1,365	965	85	0	0	52,945
Diciembre 2010	11,503	15,627	6,115	11,907	2,778	2,600	1,365	965	85	0	0	52,945
Enero 2011	11,503	15,268	6,115	11,907	2,778	2,600	1,365	887	85	0	0	52,509
Febrero 2011	11,503	15,270	6,115	11,907	2,778	2,600	1,365	887	85	0	0	52,510
Marzo 2011	11,499	15,270	6,115	11,907	2,778	2,600	1,365	887	85	0	0	52,506
Abril 2011	11,499	15,270	6,115	11,907	2,778	2,600	1,365	887	85	0	0	52,506
Mayo 2011	11,499	15,270	6,115	11,907	2,778	2,600	1,365	887	85	0	0	52,506
Junio 2011	11,499	15,270	6,115	11,907	2,778	2,600	1,365	887	85	0	0	52,506
Julio 2011	11,499	15,270	6,122	11,907	2,778	2,600	1,365	887	87	0	0	52,515
Agosto 2011	11,453	14,736	6,122	11,907	2,778	2,600	1,365	887	87	0	0	51,934
Septiembre 2011	11,453	14,736	6,122	11,907	2,778	2,600	1,365	887	87	0	0	51,934
Octubre 2011	11,453	14,736	6,122	11,907	2,778	2,600	1,365	887	87	0	0	51,934
Noviembre 2011	11,453	14,732	6,122	11,907	2,778	2,600	1,365	887	87	0	0	51,931
Diciembre 2011	11,453	14,732	6,122	11,907	2,778	2,600	1,365	887	87	0	0	51,931
Enero 2012	11,453	14,732	6,122	11,907	2,778	2,600	1,365	887	87	102	0	52,033
Febrero 2012	11,453	14,732	6,122	11,907	2,778	2,600	1,610	887	87	204	0	52,380
Marzo 2012	11,454	14,732	6,122	11,907	2,778	2,600	1,610	812	87	306	0	52,409
Abril 2012	11,454	14,732	6,122	11,907	2,778	2,600	1,610	812	87	306	1	52,410
Mayo 2012	11,454	14,605	6,122	11,907	2,778	2,600	1,610	812	87	306	1	52,283
Junio 2012	11,454	14,605	6,122	11,907	2,778	2,600	1,610	812	87	306	1	52,283
Julio 2012	11,454	14,568	6,122	11,907	2,778	2,600	1,610	812	87	306	1	52,245
Agosto 2012	11,454	14,568	6,122	11,907	2,778	2,600	1,610	812	87	306	1	52,245
Septiembre 2012	11,483	14,568	6,122	11,907	2,778	2,600	1,610	812	87	408	1	52,376
Octubre 2012	11,498	14,568	6,122	11,907	2,778	2,600	1,610	812	87	511	1	52,493
Noviembre 2012	11,498	14,608	6,122	11,907	2,778	2,600	1,610	812	87	511	1	52,534
Diciembre 2012	11,498	14,608	6,122	11,907	2,778	2,600	1,610	812	87	511	1	52,534
Enero 2013	11,509	14,445	6,122	11,907	2,778	2,600	1,400	823	87	511	1	52,184
Febrero 2013	11,509	14,445	6,122	11,907	2,778	2,600	1,400	823	87	511	1	52,028
Marzo 2013	11,509	14,445	5,967	11,907	2,778	2,600	1,400	823	87	511	1	52,028
Abril 2013	11,509	14,445	6,693	11,907	2,778	2,600	1,400	823	87	511	1	52,755
Mayo 2013	11,509	14,445	6,693	11,907	2,778	2,600	1,400	823	87	511	1	52,755
Junio 2013	11,509	14,453	6,693	11,907	2,778	2,600	1,400	823	87	511	6	52,767
Julio 2013	11,509	14,453	6,693	11,907	2,778	2,600	1,400	823	87	511	6	52,767
Agosto 2013	11,509	14,453	6,693	11,907	2,778	2,600	1,400	823	87	511	6	52,767
Septiembre 2013	11,509	13,980	7,420	11,907	2,778	2,600	1,400	823	87	511	6	53,022
Octubre 2013	11,509	13,980	7,420	11,907	2,778	2,600	1,400	823	87	511	6	53,022
Noviembre 2013	11,509	13,980	7,420	11,907	2,778	2,600	1,400	823	87	511	6	53,022
Diciembre 2013	11,509	13,980	7,420	12,340	2,778	2,600	1,400	823	87	511	6	53,455

Tabla 1.2 Capacidad efectiva de generación de los últimos cinco años.

Comportamiento de las diferentes tecnologías de generación eléctrica. (MW)					
Hidroeléctricas	Termoeléctricas	Ciclo Combinado CFE	Ciclo Combinado PEE's	Duales	Carboeléctricas
11343	15734	5456	11457	2100	2600
11509	13980	7420	12340	2778	2600
(+) 166	(-) 1754	(+) 1964	(+) 883	(+) 678	0

Núcleo eléctricas	Geotérmicas	Eolo eléctricas CFE	Eolo eléctricas PEE's	Fotovoltaicas	Total
1365	965	85	0	0	51105
1400	823	87	511	6	53455
(+) 35	(-) 142	(+) 2	(+) 511	(+) 6	(+) 2350

Tabla 1.3 Tecnologías utilizadas en la generación de energía eléctrica en México.

Aun cuando el incremento ha sido moderado se observa que las centrales termoeléctricas han disminuido su generación mientras que las eoloeléctricas y fotovoltaicas están tomando participación en este proceso, sin embargo la generación de electricidad mediante la tecnología geotérmica ha disminuido, situación que muestra la falta de aprovechamiento de esta tecnología. La Tabla 1.4 muestra, en porcentajes, como se ha incrementado la capacidad de producción eléctrica.

Año	Hidroeléctrica	Termoeléctrica 2_	Ciclo Combinado - CFE	Ciclo Combinado - PEE's 3_	Duales 4_	Carboeléctrica	Nucleoeléctrica	Geotermoeléctrica	Eoloeléctrica - CFE	Eoloeléctrica - PEE's 3_	Fotovoltaica	Total
2009	0.4	-0.8	12.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	n.a.	n.a.	1.1
2010	1.1	0.1	0.0	3.9	32.3	0.0	0.0	0.0	0.0	n.a.	n.a.	2.4
2011	-0.4	-5.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-8.1	1.8	n.a.	n.a.	-1.9
2012	0.4	-0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	-8.5	0.0	n.a.	n.a.	1.2
2013	0.1	-4.3	21.2	3.6	0.0	0.0	-13.0	1.5	0.0	0.0	n.a.	1.8

Tabla 1.4 Comportamiento porcentual de la capacidad de generación eléctrica.

Así es como se observa la capacidad generadora de electricidad con que cuenta México hasta finales del 2013 y el tipo de tecnología que utilizan las centrales para generar la energía eléctrica.

1.3.2 Generación bruta de energía eléctrica en México.

Se puede también analizar esta generación eléctrica de manera más puntual; esto es analizando la capacidad de generación de cada sistema en Gigawatts-hora, en la Tabla 1.5 muestra que durante los últimos años las centrales hidroeléctricas han disminuido su generación, las plantas termoeléctricas se mantienen en fluctuaciones mientras que las de ciclo combinado (que son las que generan más dióxido de carbono a la atmósfera) han mantenido un incremento constante, al igual que las plantas duales y carboeléctricas. Cabe mencionar que la generación eoloeléctrica ha incrementado de manera considerable sin embargo, la generación geotérmica ha disminuido en los últimos cinco años. (CFE, SENER, 2014).

Año	Hidroeléctrica	Termoeléctrica 2_/	Ciclo Combinado - CFE	Ciclo Combinado - PEE's 3_/	Duales 4_/	Carboeléctrica	Nucleoeléctrica	Geotermoeléctrica	Eoloeléctrica - CFE	Eoloeléctrica - PEE's 3_/	Fotovoltaica	Total
2009	26,445	48,322	35,533	76,496	12,299	16,886	10,501	6,740	249	0	0	233,472
2010	36,738	45,208	36,376	78,457	15,578	16,485	5,879	6,618	166	0	0	241,506
2011	35,796	53,126	34,449	84,006	15,396	18,158	10,089	6,507	106	252	0	257,884
2012	31,317	61,334	37,382	80,175	16,234	17,724	8,770	5,817	188	1,556	2	260,498
2013	27,444	52,688	42,934	83,468	15,584	16,044	11,800	6,070	190	1,624	13	257,860

Tabla 1.5 Comportamiento en Gigawatts-hora de últimos cinco años.

1.3.3 Consumo de combustible necesario para producir energía en México.

El incremento en la generación de electricidad significa un incremento en la utilización de combustibles requeridos, la Tabla 1.6 muestra los números en miles de barriles, toneladas y pies cúbicos, dependiendo del combustible, que se han requerido durante los últimos cinco años. (CFE, 2014).

Año	Combustóleo (Miles de Barriles)	Diesel (Miles de Barriles)	Carbón (Miles de Toneladas)	Gas Natural (Millones de Pies Cúbicos) 1_/
2009	60,826	2,553	13,682	370,437
2010	57,170	2,402	14,694	378,229
2011	64,564	2,964	15,521	390,854
2012	73,537	4,565	15,453	417,914
2013	61,595	4,059	14,477	447,382

Tabla 1.6 Consumo de combustibles de los últimos cinco años.

El incremento en el uso de combustibles (Tabla 1.7) es innegable y con ello también la generación de contaminantes ambientales, esto, aunque necesario para la generación de la electricidad que requiere el país, se reduciría de manera muy considerable haciendo uso de tecnologías limpias, es importante puntualizar que la utilización de carbón a pesar de ser uno de los combustibles más contaminantes ha incrementado su utilización mientras que el uso de otras fuentes de energía, como la geotérmica, se ha reducido durante el mismo periodo. (CFE, 2014).

Consumo de combustible en centrales eléctricas de México			
Combustóleo (Miles de barriles)	Diesel (Miles de barriles)	Carbón (Miles de toneladas)	Gas Natural (Millones de pies cúbicos)
60826	2553	13682	370437
61595	4059	14477	447382
(+) 768	(+) 1506	(+) 795	(+) 76945

Tabla 1.7 Incremento del consumo de combustibles durante los últimos cinco años.

El uso de estos combustibles cumplen el objetivo primordial: generar electricidad. Sin embargo, también lo hacen produciendo grandes cantidades de **dióxido de carbono**, mientras que las plantas que requieren de energías limpias para generar electricidad disminuyen de manera muy importante los agentes contaminantes y en algunos casos los nulifican casi completamente.

1.3.4 Ventas internas de la energía eléctrica.

El conocer en qué sectores se da el mayor rango de venta de la energía permite comprender cuales son los que requieren más atención y con ello ubicar de manera

precisa cuales son las mejores opciones para la creación de una planta generadora que opere con energías limpias. La Tabla 1.8 muestra el comportamiento en la venta de electricidad y el incremento dependiendo el sector. El consumo doméstico se da de manera importante igual que el agrícola, el de la mediana empresa, el de servicios y la gran industria, mientras que el comercial apenas muestra un ligero incremento. (En Gigawatts-hora). (CFE, 2014).

Año	Doméstico	Comercial	Servicios	Agrícola	Empresa Mediana	Gran Industria	Total
2009	48,540	13,417	7,787	9,299	67,630	34,794	181,465
2010	48,700	12,991	7,707	8,600	70,024	38,617	186,639
2011	51,771	13,591	8,068	10,973	73,431	43,112	200,946
2012	52,030	13,920	8,371	10,816	75,836	45,507	206,480
2013	52,370	13,743	9,261	10,282	76,378	44,095	206,130

Tabla 1.8 Consumo de combustibles últimos cinco años.

1.3.5 Productos por ventas internas de energía eléctrica.

Los ingresos obtenidos por estas ventas se observan en la Tabla 1.9, también ofrece un punto de comparación referente a las ventas y lo que produce cada sector sirviendo esto como un punto de inicio al planteamiento de un proyecto que ofrezca la satisfacción de cada sector pero con el uso de energías limpias.

Los ingresos van relacionados de acuerdo al sector que requiere mayor cantidad de energía y como se muestra el sector de la gran industria es quien demanda mayor cantidad de energía eléctrica generando un incremento en los ingresos durante los últimos cinco años de 280,921 millones de pesos. (CFE, 2014).

Año	Doméstico	Comercial	Servicios	Agrícola	Empresa Mediana	Gran Industria	Total
2009	51,818	31,832	13,686	3,824	85,514	33,242	219,915
2010	54,530	33,388	14,356	4,234	100,253	42,474	249,235
2011	60,599	37,077	15,845	6,040	114,846	52,437	286,843
2012	60,845	40,530	17,416	6,303	124,875	57,960	307,928
2013	60,121	40,487	21,063	5,646	128,635	58,211	314,163

Tabla 1.9 Ingresos por sector en los últimos cinco años.

Los datos de la Tabla 1.10 indican el incremento en cada sector analizando la diferencia entre el ingreso obtenido durante el año 2009 y el obtenido al cierre del año 2013.

Ingresos por las ventas de acuerdo a cada sector del país (En millones de pesos)		
Doméstico	Comercial	Servicios
51818	31832	13686
60121	40487	21063
(+) 8303	(+) 8655	(+) 7377

Agrícola	Empresa Mediana	Gran Industria
3824	85514	33242
5646	128635	314163
(+) 1822	(+) 43121	(+) 280921

Tabla 1.10 Incremento del ingreso por sector.

1.3.6 Precios medios de energía eléctrica.

Conocer los precios que deben pagar los usuarios para poder acceder a la electricidad es un dato que servirá, posteriormente, para comprender el alcance que tendrá la reducción de costos en la generación eléctrica al hacer uso de energías alternas cuyas fuentes de combustible provengan del subsuelo como es el caso de la geotermia. En la Tabla 1.11 se observa como ha sido este comportamiento durante los últimos cinco años visto en centavos por Kw-h.

Año	Doméstico	Comercial	Servicios	Agrícola	Empresa Mediana	Gran Industria	Total
2009	106.75	237.26	175.76	41.12	126.44	95.54	121.19
2010	111.97	257.00	186.28	49.24	143.17	109.99	133.54
2011	117.05	272.81	196.40	55.04	156.40	121.63	142.75
2012	116.94	291.15	208.05	58.27	164.66	127.36	149.13
2013	114.80	294.59	227.44	54.91	168.42	132.01	152.41

Tabla 1.11 Precio de la energía por sector.

1.3.7 Datos técnicos de las principales centrales de CFE en operación.

México cuenta con una gran capacidad generadora de electricidad 39,362 MW (2013), las principales centrales generadoras (Tabla 1.12) están ubicadas a lo largo de la extensión territorial, una de las centrales con mayor generación son las siguientes: Petacalco (Plutarco Elías Calles) en Guerrero y que opera bajo un ciclo dual, seguida de la central

hidroeléctrica Chicoasén (Manuel Moreno Torres) en Chiapas operando con tecnología hidroeléctrica, Tuxpan (Adolfo López Mateos) ubicada en Veracruz y operando con tecnología termoeléctrica; de las 39 principales centrales, una opera con tecnología dual, 11 son hidroeléctricas, 23 son termoeléctricas, una nucleoeeléctrica, 2 carboeléctricas y una geotérmica, Cerro Prieto, ubicada en Baja California, además de varios campos geotérmicos identificados en México, Los Azufres (Michoacán), Los Humeros (Puebla), Las tres vírgenes (Baja California Sur) y Cerritos Colorado (Jalisco), los cuales se encuentran actualmente bajo explotación con una capacidad total instalada de 1017.4 MW netos, lo que representa casi el 2% de la capacidad eléctrica total del país operada por la Comisión Federal de Electricidad aunque a la fecha no opera ninguna planta en ellos. (CFE, GPG, 2014).

El mayor número de centrales son de tecnología termoeléctrica y únicamente una de tecnología geotérmica, esto permite comprender que gran parte de las centrales que operan en México requieren del consumo de combustibles; centrales que por el tipo de tecnología que requieren para operar generan contaminación la cual reducirían de manera importante si se realizaran mayores inversiones en tecnología limpia para la operación de estas centrales.

Central	Tecnología	Estado	No. de Unidades	Capacidad MW	Generación GWh	Factor de Planta (%)
Petalcalco (Plutarco Elías Calles)	Dual	Guerrero	7	2,778	16,234	66.5
Chicoacén (Manuel Moreno Torres)	Hidroeléctrica	Chiapas	8	2,400	6,818	32.3
Tuxpan (Adolfo López Mateos)	Termoeléctrica	Veracruz	7	2,263	10,242	51.5
Tula (Francisco Pérez Ríos) **	Termoeléctrica	Hidalgo	11	2,095	10,941	59.5
Laguna Verde	Nucleoeléctrica	Veracruz	2	1,610	8,770	62.0
Carbón II	Carboeléctrica	Coahuila	4	1,400	8,706	70.8
Río Escondido (José López Portillo)	Carboeléctrica	Coahuila	4	1,200	9,018	85.6
Infiernillo	Hidroeléctrica	Guerrero	6	1,160	2,936	28.8
Presidente Juárez (Rosarito)	Termoeléctrica	Baja California	10	1,093	5,494	57.2
Malpaso	Hidroeléctrica	Chiapas	6	1,080	4,658	49.1
Manzanillo I (Manuel Álvarez Moreno)	Termoeléctrica	Colima	4	1,073	3,636	38.6
Valle de México	Termoeléctrica	México	7	999	4,503	51.3
Aguamilpa (Solidaridad)	Hidroeléctrica	Nayarit	3	960	756	9.0
Angostura (Belisario Domínguez)	Hidroeléctrica	Chiapas	5	900	3,118	39.4
Altamira	Termoeléctrica	Tamaulipas	4	800	2,849	40.5
El Cajón	Hidroeléctrica	Nayarit	2	750	336	5.1
Manzanillo Dos	Termoeléctrica	Colima	2	700	4,131	67.2
Villa de Reyes	Termoeléctrica	San Luis Potosí	2	700	3,433	55.8
Puerto Libertad	Termoeléctrica	Sonora	4	632	3,780	68.1
El Encino (Chihuahua II)	Termoeléctrica	Chihuahua	5	619	4,574	84.1
Mazatlán II (José Aceves Pozos)	Termoeléctrica	Sinaloa	3	616	4,131	76.3
El Sauz	Termoeléctrica	Querétaro	7	610	4,213	78.6
Caracol (Carlos Ramírez Ulloa)	Hidroeléctrica	Guerrero	3	600	1,152	21.9
Cerro Prieto	Geotermoeléctrica	Baja California	11	570	3,982	79.5
Salamanca	Termoeléctrica	Guanajuato	2	550	1,863	38.6
Huinalá	Termoeléctrica	Nuevo León	6	528	3,224	69.6
Samalayuca II	Termoeléctrica	Chihuahua	6	522	4,250	92.7
Río Bravo (Emilio Portes Gil)	Termoeléctrica	Tamaulipas	4	511	2,295	51.1
Guaymas II (Carlos Rodríguez R.)	Termoeléctrica	Sonora	4	484	1,403	33.0
Dos Bocas	Termoeléctrica	Veracruz	6	452	1,931	48.6
Huinalá II	Termoeléctrica	Nuevo León	2	450	3,257	82.4
Huites (Luis Donaldo Colosio)	Hidroeléctrica	Sinaloa	2	422	485	13.1
Peñitas	Hidroeléctrica	Chiapas	4	420	2,059	55.8
San Lorenzo Potencia	Termoeléctrica	Puebla	3	382	2,969	88.5
Temascal	Hidroeléctrica	Oaxaca	6	354	1,555	50.0
Topolobampo II (Juan de Dios Bátiz)	Termoeléctrica	Sinaloa	3	320	2,125	75.6
Samalayuca	Termoeléctrica	Chihuahua	2	316	1,287	46.4
Francisco Villa	Termoeléctrica	Chihuahua	2	300	1,261	47.8
Zimapán	Hidroeléctrica	Hidalgo	2	292	1,360	53.0
Otras Centrales			459	5,451	16,061	33.5
TOTAL			640	39,362	175,796	50.8

Tabla 1.12 Centrales eléctricas en México.

1.3.8 Datos técnicos de los productores externos de energía en operación.

México también cuenta con el apoyo de productores externos que coadyuvan con el Estado a la generación de energía, la Tabla 1.13 muestra las fechas en que iniciaron operaciones, su ubicación y su capacidad generadora en MW. (CFE, 2014).

Central	Municipio	Estado	Fecha de Entrada en Operación	Capacidad Demostrada MW
CC Tamazunchale	Tamazunchale	San Luis Potosí	01/06/2007	1,135
CC Altamira V	Altamira	Tamaulipas	01/11/2006	1,121
CC Altamira III y IV	Altamira	Tamaulipas	24/12/2003	1,036
CC Tuxpan III y IV	Tuxpan	Veracruz	23/05/2003	983
CC Valladolid III	Valladolid	Yucatan	01/06/2006	525
CC Río Bravo IV	Valle Hermoso	Tamaulipas	01/04/2005	500
CC La Laguna II	Gómez Palacios	Durango	22/04/2005	498
CC El Sauz (Bajío)	San Luis de la Paz	Guanajuato	09/03/2002	495
CC Río Bravo II (Anahuac)	Valle Hermoso	Tamaulipas	18/01/2002	495
CC Río Bravo III	Valle Hermoso	Tamaulipas	01/04/2004	495
CC Altamira II	Altamira	Tamaulipas	14/05/2002	495
CC Tuxpan II	Tuxpan	Veracruz	15/12/2001	495
CC Tuxpan V	Tuxpan	Veracruz	01/09/2006	495
CC Mexicali (Rosarito IV)	Mexicali	Baja California	20/07/2003	489
CC Mérida III	Mérida	Yucatán	09/06/2000	484
CC Norte Durango	Durango	Durango	07/08/2010	450
CC Monterrey III	San Nicolás de los Garza	Nuevo León	27/03/2002	449
CC Chihuahua III	Ciudad Juárez	Chihuahua	09/09/2003	259
CC Naco Nogales	Agua Prieta	Sonora	04/10/2003	258
CC Campeche	Empalizada	Campeche	27/06/2003	252
CC Hermosillo	Hermosillo	Sonora	01/10/2001	250
CC Saltillo	Ramos Arispe	Coahuila	19/11/2001	248
CE Oaxaca III	Juchitán de Zaragoza	Oaxaca	30/01/2012	102
CE Oaxaca II	Santo Domingo Ingenio	Oaxaca	06/02/2012	102
CE Oaxaca IV	Juchitán de Z. y Santo Domingo I.	Oaxaca	05/03/2012	102
CE Oaxaca I	Juchitán de Zaragoza	Oaxaca	26/09/2012	102
CE La Venta III	Santo Domingo Ingenio	Oaxaca	03/10/2012	103
TOTAL				12,418

Tabla 1.13 Productores externos.

1.4 Proyectos de generación en proceso de construcción en México

La demanda energética en México es constante razón por la cual se tienen contemplados nuevos proyectos que permitan continuar no solo con el cumplimiento de la demanda energética del país, sino también con un constante desarrollo de esta industria. Los datos de la Tabla 1.14 indica las tecnologías que se tienen contempladas para estos proyectos, así como la capacidad que se espera genere cada uno de ellos, en Megawatts.

Proyecto	Ubicación	Tecnología	Capacidad Esperada (MW)			Total
			2013*	2014*	2015*	
Productores Externos de Energía						
CCC Norte II	Chihuahua	Ciclo Combinado	0			433
		Subtotal	0	0	0	433
Obra Pública Financiada						
CE Sureste I (2a. fase)	Oaxaca	Eoloelectrica	304			304
CG Los Humeros II (fase A y B)	Puebla	Geotérmica	0			50
CCI Guerrero Negro III	Baja California Sur	Combustión Interna	0			11
CH La Yesca	Nayarit	Hidroeléctrica	0			750
CT TG Baja California Sur II	Baja California Sur	Turbogas	0			135
CCI Baja California Sur IV	Baja California Sur	Combustión Interna	0			42.31
CC Agua Prieta II (con campo solar) (1a. fase)	Sonora	Ciclo Combinado	0			394.1
CCC Cogeneración Salamanca (1a. fase)	Guanajuato	Ciclo Combinado	373	0		373.1
CC Centro	Morelos	Ciclo Combinado	642	0		642.33
		Subtotal	1,319	0	0	2,702
		Total	1,319	0	0	3,135

Tabla 1.14 Proyectos de generación en construcción.

En el sector geotérmico, se cuenta con 27 campos donde se han concluido los estudios de factibilidad, de los cuales se han seleccionado 16 para continuar con la etapa de perforación de pozos de exploración; de estos proyectos entre los más prometedores se encuentran: La Primavera (Jalisco), Los Humeros II (Puebla), El Ceboruco (Nayarit), Las Planillas (Jalisco), Araró (Michoacán) y Las Tres Vírgenes (Baja California Sur). (SENER, CFE, 2014),

Así es como se comporta la industria eléctrica en México, estas son sus cifras y sus resultados, conociendo estos datos se puede hacer un análisis detallado del comportamiento de una central operada con determinada tecnología.

CAPÍTULO 2. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN UNA CENTRAL OPERADA CON HIDROCARBUROS

Para realizar comparación objetiva que permita comprender a detalle las diferencias, ventajas, desventajas y, posteriormente, realizar una propuesta sustentable en cuanto a los beneficios de invertir en centrales geotérmicas, es necesario conocer las características y condiciones operacionales, primero, de una central sea termoeléctrica o de ciclo combinado en la que su combustible sea algún hidrocarburo y después de una central operada con tecnología geotérmica.

2.1 Centrales operadas con hidrocarburos en México.

Una central termoeléctrica, también conocida como dual o de ciclo combinado, es empleada para generar energía eléctrica, a partir de energía liberada en forma de calor, mediante la utilización de combustibles fósiles como el petróleo, combustóleo, diesel, gas natural o carbón, la Imagen 2.1 muestra los dispositivos que intervienen en un ciclo combinado.

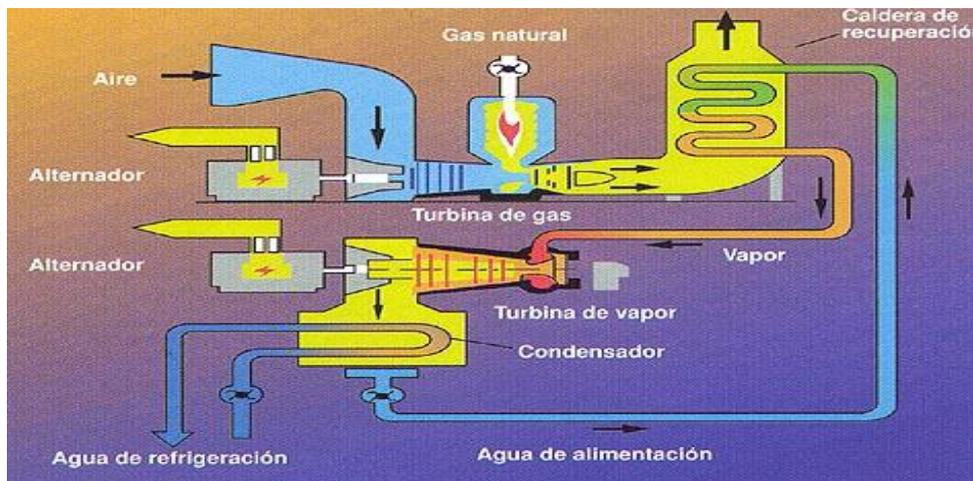


Imagen 2.1 Proceso en una central eléctrica de ciclo combinado.

En México existen 26 centrales operadas con algún hidrocarburo administradas por CFE (Tabla 2.1) y 22 más de ciclo combinado administradas por el sector privado, (Tabla 2.2).

CENTRAL	TECNOLOGÍA	ESTADO	CAPACIDAD EN GW	CAPACIDAD EN MWh
Petalcalco (Plutarco Elías Calles)	Dual	Guerrero	2, 778	16, 234
Carbón II	Carboeléctrica	Coahuila	1, 400	8, 706
Río Escondido (José López Portillo)	Carboeléctrica	Coahuila	1, 200	9, 018
Tuxpan (Adolfo López Mateos)	Termoeléctrica	Veracruz	2, 263	10, 242
Tula (Francisco Pérez Ríos)	Termoeléctrica	Hidalgo	2, 095	10, 941
Presidente Juárez (Rosarito)	Termoeléctrica	B. California	1, 093	5, 494
Manzanillo I (Manuel Álvarez Moreno)	Termoeléctrica	Colima	1, 073	3, 636
Valle de México	Termoeléctrica	México	999	4, 503
Altamira	Termoeléctrica	Tamaulipas	800	2, 849
Manzanillo Dos	Termoeléctrica	Colima	700	4, 131
Villa de Reyes	Termoeléctrica	San L. P.	700	3, 433
Puerto Libertad	Termoeléctrica	Sonora	632	3, 780
El Encino (Chihuahua II)	Termoeléctrica	Chihuahua	619	4, 574
Mazatlán II (José Aceves Pozos)	Termoeléctrica	Sinaloa	616	4, 131

El Sauz	Termoeléctrica	Querétaro	610	4, 213
Salamanca	Termoeléctrica	Guanajuato	550	1, 863
Huinalá	Termoeléctrica	Nuevo León	528	3, 224
Samalayuca II	Termoeléctrica	Chihuahua	522	4, 250
Río Bravo (Emilio Portes Gil)	Termoeléctrica	Tamaulipas	511	2, 295
Guaymas II (Carlos Rodríguez R.)	Termoeléctrica	Sonora	484	1, 403
Dos Bocas	Termoeléctrica	Veracruz	452	1,931
Huinalá II	Termoeléctrica	Nuevo León	450	3,257
San Lorenzo Potencia	Termoeléctrica	Puebla	382	2,969
Topolobampo II (Juan de Dios Bátiz)	Termoeléctrica	Sinaloa	320	2,125
Samalayuca	Termoeléctrica	Chihuahua	316	1,287
Francisco Villa	Termoeléctrica	Chihuahua	300	1,261

Tabla 2.1 Centrales eléctricas administradas por CFE.

CENTRAL	MUNICIPIO	ESTADO	CAPACIDAD EN MW
CC Tamazunchale	Tamazuchale	San Luis Potosí	1,135
CC Altamira V	Altamira	Tamaulipas	1,121
CC Altamira III y IV	Altamira	Tamaulipas	1,036
CC Tuxpan III y IV	Tuxpan	Veracruz	983

CC Valladolid III	Valladolid	Yucatán	525
CC Río Bravo IV	Valle Hermoso	Tamaulipas	500
CC La Laguna II	Gómez Palacios	Durango	498
CC El Sauz (Bajío)	San Luis de la Paz	Guanajuato	495
CC Río Bravo II (Anáhuac)	Valle Hermoso	Tamaulipas	495
CC Río Bravo III	Valle Hermoso	Tamaulipas	495
CC Altamira II	Altamira	Tamaulipas	495
CC Tuxpan II	Tuxpan	Veracruz	495
CC Tuxpan V	Tuxpan	Veracruz	495
CC Mexicali (Rosarito IV)	Mexicali	Baja California	489
CC Mérida III	Mérida	Yucatán	484
CC Norte Durango	Durango	Durango	450
CC Monterrey III	San Nicolás Garza	Nuevo León	449
CC Chihuahua III	Ciudad Juárez	Chihuahua	259
CC Naco Nogales	Agua Prieta	Sonora	258
CC Campeche	Empalizada	Campeche	252
CC Hermosillo	Hermosillo	Sonora	250
CC Saltillo	Ramos Arizpe	Coahuila	248
CE Oaxaca III	Juchitán de Zaragoza	Oaxaca	102
CE Oaxaca II	San Domingo Ingenio	Oaxaca	102
CE Oaxaca IV	Juchitán de Z. y Santo Domingo I.	Oaxaca	102
CE Oaxaca I	Juchitán de Zaragoza	Oaxaca	102
CE La Venta III	San Domingo Ingenio	Oaxaca	103

Tabla 2.2 Centrales eléctricas administradas por la industria privada.

2.1.1 Datos técnicos de una central operada con hidrocarburos.

Una central eléctrica donde algún hidrocarburo es la fuente de combustible para realizar sus operaciones ya sea esta convencional o de ciclo combinado se lleva a cabo de la siguiente manera:

Se aprovecha el calor que se obtiene al darse la combustión del hidrocarburo en un ciclo termodinámico convencional, este es utilizado para mover un generador y producir energía eléctrica. El combustible que es almacenado dentro de la propia central eléctrica entra en la caldera para ser quemado, durante su combustión se produce calor que permite la evaporación del agua que corre a lo largo de tuberías que se encuentran alrededor de la caldera, el vapor de agua adquiere alta presión que se utiliza para mover una turbina conectada a un generador, de esta manera al girar la turbina produce movimiento en una flecha ensamblada al generador el cual producirá la energía eléctrica.

La electricidad es conducida del generador hasta los transformadores los que elevaran la tensión, posteriormente se transporta y distribuida por la red eléctrica. (SANCHES C., 2010).

Al mismo tiempo está funcionando el sistema de refrigeración que permite empezar de nuevo el ciclo, este se da por medio de la condensación del vapor de agua para que sea utilizado nuevamente. Este proceso de condensación se hace en una sección de la central eléctrica que se mantiene a baja temperatura debido a un sistema cerrado de tuberías que lo mantienen bajo refrigeración. Estas tuberías contienen agua fría que reduce la temperatura del agua usada para mover la turbina lo que permite su condensación. Cuando el agua del sistema de refrigeración se calienta es dirigida hacia las torres de enfriamiento, donde se vuelve a enfriar, de esta manera se mantiene el ciclo (SANCHES C., 2010).

Las principales partes que integran este tipo de una central eléctrica son:

Caldera: Es donde el agua se transforma en vapor, esta acción se produce debido a la combustión del hidrocarburo, esto ocasiona que se generen gases a muy elevada temperatura que al entrar en contacto con el agua la transformen en vapor.

Quemador: Se encuentra en la caldera y es el encargado de quemar el hidrocarburo, para evaporar el agua de las tuberías instaladas en la caldera.

Chimeneas: Están en la caldera, se encargan de expulsar a la atmósfera los gases producidos durante la combustión del hidrocarburo, en ellas se instalan filtros que evitan que las cenizas salgan directamente a la atmósfera y tienen una gran altura para evitar contaminar las zonas de los alrededores a la central eléctrica.

Turbinas de vapor: Máquina que recoge el vapor de agua, por medio de un sistema de presiones y temperaturas, consigue que se mueva el eje que la atraviesa también llamado flecha. Esta turbina normalmente tiene varios cuerpos, de alta, media y baja presión, para aprovechar al máximo el vapor de agua, El eje o flecha que atraviesa los diferentes cuerpos está conectado con el generador.

Las turbinas son una parte muy importante de la central eléctrica ya que son las encargadas de mover el generador para producir la electricidad. Están diseñadas para soportar una temperatura de hasta 600 °C y una presión de 350 bares, están formadas por una serie de álabes de distintos tamaños que aprovechan al máximo la presión del vapor de agua para hacer girar la turbina.

Generador: Se encarga de producir la electricidad, esta máquina transforma la energía mecánica generada en el eje o flecha que atraviesa la turbina en energía eléctrica mediante inducción electromagnética permitiendo la creación de corriente eléctrica trifásica y alterna.

Condensador: Condensa el vapor que se hace mover la turbina para que pueda volver a ser utilizado y formar un ciclo productivo.

Torres de refrigeración o enfriamiento: Estas se encargan de mantener baja la temperatura del condensador, garantizando el correcto funcionamiento de la central eléctrica. El agua que refrigera el condensador es enfriada en las torres de enfriamiento al entrar en contacto con el aire frío que circula a través de ellas.

Otras partes de la central eléctrica, también importantes para garantizar un buen funcionamiento, son todas las tuberías y bombas que transportan el agua a través de toda la central y los ventiladores que introducen aire en la caldera para facilitar la combustión.

Se ha mencionado que una central eléctrica que opera con hidrocarburos puede ser convencional o de ciclo combinado, ejemplo: una turbina de gas, en ésta el calor residual puede usarse para producir vapor y a la vez electricidad, a esto se le llama ciclo combinado y se logra mejorar la eficiencia de la central eléctrica. En estas centrales se utilizan los gases de escape de la turbina de gas que al salir tienen una elevada temperatura, estos son utilizados para producir vapor que mueve una segunda turbina la cual será de vapor, ambas turbinas están acopladas a sus propios generadores. Al inicio de actividades en una central eléctrica solo funciona la turbina de gas, a esta etapa se le llama ciclo abierto.

Aquellas centrales termoeléctricas no nucleares, particularmente las de combustibles fósiles, se conocen como centrales térmicas o centrales termoeléctricas convencionales. Estas centrales son económicas y rentables por esto son utilizadas en muchos países, sin embargo tienen un alto impacto negativo en el medio ambiente. (SABUGAL S., 2006).

2.1.2 Capacidad efectiva de generación en una central operada con hidrocarburos.

La capacidad efectiva de una central operada con algún hidrocarburo varía en función de sus instalaciones y las unidades instaladas en esta, razón por la cual se analizarán los datos de la central con mayor capacidad generadora de México.

La central termoeléctrica Petacalco, también conocida como Plutarco Elías Calles, opera con una tecnología dual, se ubica en el estado de Guerrero. Los combustibles que utiliza en su operación son carbón y petróleo. En esta central se tienen instalados 7 generadores los cuales tienen una capacidad de 2,778 MW y una generación de 16,234 GWh.

GENERADOR	CAPACIDAD
I	350 MW
II	350 MW
III	350 MW
IV	350 MW
V	350 MW
VI	350 MW
VII	678 MW

Tabla 2.3 Generadores en operación termoeléctrica Petacalco.

La tecnología dual permite operar una central termoeléctrica con diferentes tipos de combustible. (SANCHES C., 2010).

2.1.3 Impacto ambiental de una central termoeléctrica operada con hidrocarburos.

Esta es una de las razones principales por las cuales se debe considerar la utilización de tecnologías que sean amables con el medio ambiente ya que los impactos negativos que sufre este durante los procesos de generación eléctrica en las centrales eléctricas que utilizan hidrocarburos son elevados.

El impacto ambiental que tiene una central termoeléctrica se da de las siguientes maneras:

Emisión de residuos a la atmósfera: Este tipo de residuos provienen de la combustión de los combustibles fósiles que utilizan las centrales térmicas convencionales para funcionar y producir electricidad. Esta combustión genera partículas que llegan a la atmósfera perjudicando el entorno del planeta.

A pesar de que las centrales térmicas convencionales disponen de filtros de partículas que retienen gran parte de estas y chimeneas de gran altura que dispersan estas partículas y reducen, localmente, su influencia negativa en el aire, sin embargo esto no significa que el efecto de contaminación no se dé, solo que no se alcanza a percibir en las inmediaciones debido a varios factores como la altura de las chimeneas y los vientos que dispersan estas partículas.

Transferencia térmica: Algunas centrales térmicas (las denominadas de ciclo abierto) pueden provocar el calentamiento de las aguas del río o del mar afectando de manera importante los ecosistemas locales.

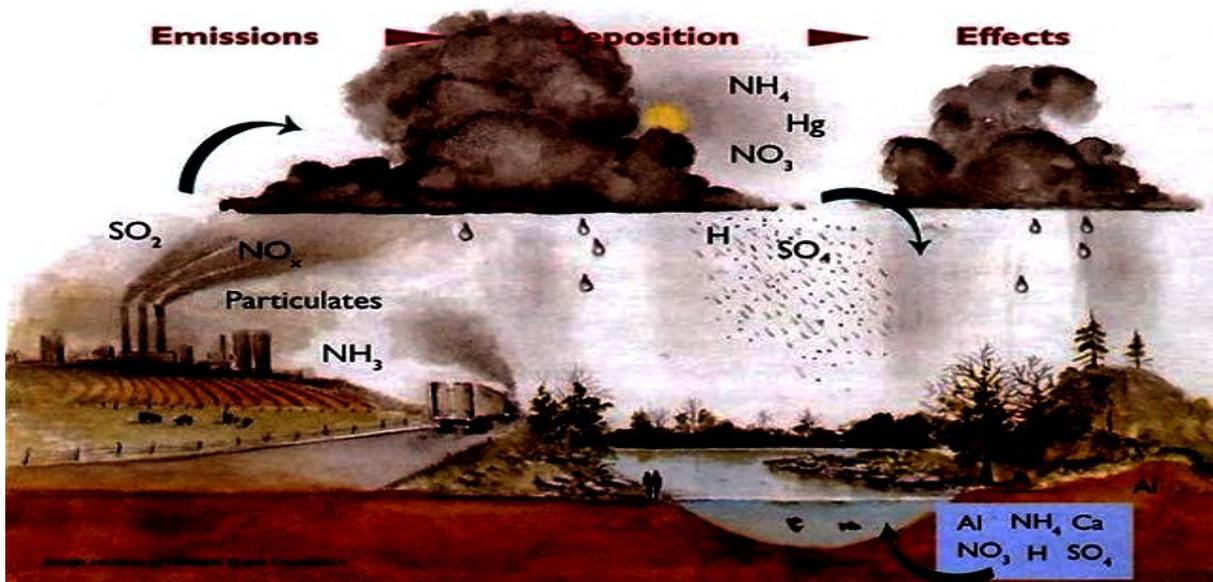


Imagen 2.2 Contaminación por centrales eléctrica.

Las centrales eléctricas que utilizan combustibles fósiles para su operación contribuyen de manera importante al efecto invernadero debido a la emisión de dióxido de carbono, también se debe considerar que la masa de este gas de efecto invernadero emitida por unidad de energía producida, no es la misma en todos los casos en que se utilizan combustibles fósiles, aquellas que utilizan carbón no sólo generan dióxido de carbono, si al momento de la combustión esta es pobre en oxígeno, también se genera monóxido de carbono (Imagen 2.2); el gas natural contiene por cada átomo de carbono cuatro de hidrógeno por lo que contamina menos por cada unidad de energía que produce, la emisión de gases perjudiciales procedentes de la combustión de impurezas (óxido de azufre) es mucho menor, sin embargo no deja de ser importante el grado de contaminantes que arroja a la atmósfera. (Greepeace, La Jornada, 2014).

CAPÍTULO 3. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN UNA CENTRAL OPERADA CON TECNOLOGÍA GEOTÉRMICA.

Este capítulo se analiza a detalle todo lo que implica una central eléctrica operada con tecnología geotérmica, datos técnicos, procesos de generación, características así como los impactos que tiene en el medio ambiente.

Para comprender estos datos se debe conocer que es una central geotérmica lo cual se analizará posteriormente; sin embargo generalizando a que se refiere el término geotermia este se entiende como el calor de la Tierra. De acuerdo a las condiciones geográficas de la Tierra este calor puede ser utilizado para diferentes propósitos, para el presente trabajo se analizará únicamente el uso que se le da para hacer funcionar una central generadora de electricidad.

En diversos lugares de la Tierra se producen fenómenos geotérmicos que pueden ser aprovechados para generar energía eléctrica, estos fenómenos ocurren en el interior de la corteza terrestre, generalmente a profundidades de 50 km, en una franja denominada sima también llamada sial.

La manera en que se manifiestan sobre la superficie son los volcanes. En medida que aumenta la profundidad en la corteza terrestre la temperatura aumenta de manera gradual que se estima en 1 grado por cada 35 metros de profundidad, (en la Imagen 3.1 se puede observar la estructura de la tierra y sus temperaturas en base a la profundidad). Este es un fenómeno que ocurre a nivel de superficie en algunos lugares del planeta y cuando estas condiciones son adecuadas se puede aprovechar para generar energía eléctrica de forma limpia y segura. (GPG, 2014).

Estructura de la Tierra

El interior de nuestro planeta está formado por cuatro capas.

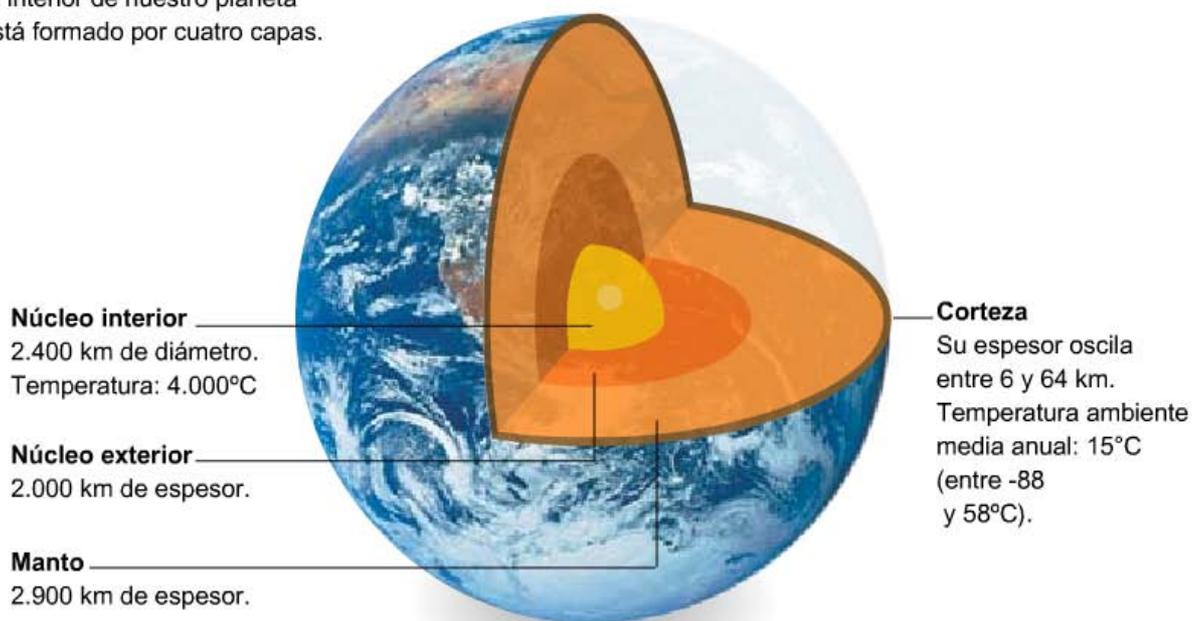


Imagen 3.1 Estructura de la Tierra.

3.1 Centrales eléctricas en México que operan con energía geotérmica.

México tiene gran potencial para hacer uso de esta energía debido a su intensa actividad tectónica y volcánica. Los inicios de la utilización de energía geotérmica en México para la producción de energía eléctrica se remontan a los años sesenta, en los que se comenzó a explotar el campo geotérmico de Pathé, Hidalgo. (GPG, 2014).

Desafortunadamente, la falta de permeabilidad del campo determinó que el proyecto fracasara a pesar de que se tenía un gradiente geotérmico en el área de aproximadamente 550 °C/km; este problema fue determinante para que la producción obtenida fuese muy por debajo de lo esperado, por lo cual se clausuró la planta. (GPG, AGM, 2014).

También se llevaron a cabo intentos por desarrollar las zonas geotérmicas de Los Negritos e Ixtlán de los Hervores en Michoacán. Sin embargo, el éxito se alcanzó finalmente cuando se descubrió (Tabla 3.1) el campo geotérmico de Cerro Prieto en Baja California. (CFE, GPG, 2014).

CENTRAL	TECNOLOGIA	ESTADO	UNIDADES	CAPACIDAD EN MW	GENERACION EN GWh	FACTOR DE PLANTA (%)
Cerro Prieto	Geotérmica	Baja California	11	570	3,982	79.5

Tabla 3.1 Datos Central Cerro Prieto B.C.

México cuenta con campos geotérmicos que actualmente están en funcionamiento y son los Azufres en Michoacán, los Humeros en Puebla, las Tres Vírgenes (Baja California Sur) y Cerritos Colorado (Jalisco).

El campo geotérmico los Azufres se ha estado probado por medio de plantas piloto que producen un total de 25,000 kilowatts; que corresponde casi al consumo de energía eléctrica de la ciudad de Morelia, Michoacán.

Después de observar los resultados obtenidos en este campo, se determinó que este tiene capacidad para producir más energía, por lo cual se está construyendo una planta que generará más de 50,000 kilowatts de electricidad (el campo tiene una reserva probada de 135,000 kilowatts y una reserva probable de 165,000 kilowatts). (AGM, 2014).

Una particularidad de la explotación del campo geotérmico de Los Azufres es que la totalidad del agua separada del vapor que va a las turbinas será reinyectada en el yacimiento a través de 11 pozos, con lo cual se evitará la contaminación del medio ambiente. Los Azufres está constituido por 5 unidades a condensación de flasheo sencillo (una de 50 MW y cuatro de 26.5 MW cada una), 7 unidades a contrapresión de 5 MW cada una y 2 unidades de ciclo binario de 1.5 MW cada una.

Actualmente estas dos unidades de ciclo binario están fuera de servicio, con lo que la capacidad operativa es de 191 MW. Adicionalmente, desde enero de 2013, se encuentra en construcción otra unidad de 50 MW, en lo que se conoce como el proyecto Los Azufres III, esta unidad está programada para entrar en operación en enero de 2015. (AGM, 2014).

Los Humeros en Puebla, con 93.4 MW de capacidad instalada, integrada por 8 unidades a contrapresión de 5 MW cada una y 2 unidades a condensación de 26.7 MW cada una. Sin embargo, cinco de las unidades de 5 MW no se encuentran en operación continua, sino que se utilizan como respaldo cuando alguna otra debe salir a mantenimiento, con lo cual la capacidad operativa o efectiva del campo es de 68.4 MW.

Se encuentra en construcción una unidad adicional de 26.7 MW brutos, estando programada su entrada en operación comercial en el año 2016. Las Tres Vírgenes, B.C.S., cuenta con 10 MW de capacidad, constituida por 2 unidades a condensación (flasheo simple) de 5 MW cada una. (AGM, 2014). Cerritos Colorados, en Jalisco cuenta con varios pozos perforados y un potencial evaluado por la CFE en 75 MW. Del total de los campos evaluados, se tiene una reserva probada de más de 100,000 kilowatts y la reserva probable es de más de 1,400,000 kilowatts. (AGM, 2014).

Desarrollando la totalidad de los recursos con que cuenta el país, la energía geotérmica no podría cubrir la demanda total de energía eléctrica. Sin embargo, por la abundancia de campos geotérmicos en México, esta fuente de energía sí puede representar una contribución significativa para satisfacer las necesidades energéticas del país, por supuesto, sin pasar por alto su utilización directa en procesos industriales, la cual aún debe implementarse y podría significar un considerable ahorro de combustibles fósiles y una disminución en los niveles de contaminación. (AGM, GPG, CFE, 2014).

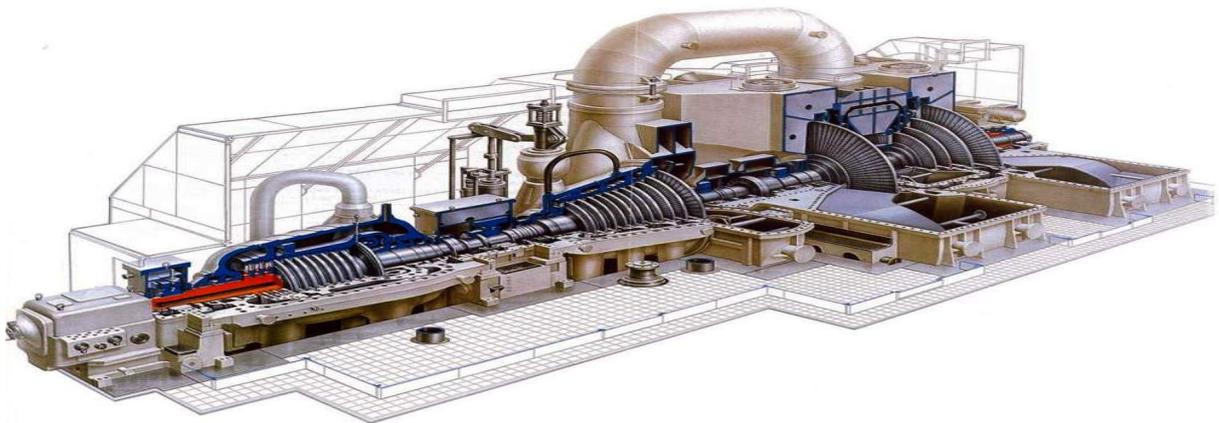
3.1.1 Datos técnicos de una central geotérmica.

La manera en que opera una central geotérmica es aprovechando la energía en forma de calor que proporciona la Tierra. Para aprovechar la energía geotérmica se recurre a sistemas similares a los empleados en energía solar con turbina, es decir, calentamiento de un líquido que puede tener distintas aplicaciones, pero que habitualmente se destina a producir vapor con el que se da impulso a la turbina, que a su vez mueve un generador eléctrico. Los sistemas geotérmicos producen un rendimiento mayor con respecto a otros sistemas pues tienen un costo de mantenimiento menor debido a que la única pieza móvil de una central geotérmica es el sistema de turbina-generador por tanto todo el conjunto tiene una vida útil más larga. Además, la energía utilizada está siempre presente, lo cual apenas implica variaciones como ocurre con otros sistemas que dependen, por ejemplo, del caudal de un río o del nivel de radiación solar, Una central geotérmica es muy similar en su operación a otro tipo de centrales lo que las hace diferentes es que no requieren de un combustible para calentar el agua que a temperatura óptima será el vapor que alimentará la turbina que de movimiento al generador eléctrico.

En estas centrales el vapor de agua debe alcanzar temperaturas de hasta 600° C. Este vapor es canalizado desde el interior de la Tierra hasta la central a través de tuberías de alta presión fabricadas con resinas de poliéster no saturadas, fibras de vidrio y agentes minerales utilizados para reforzar, HOBAS que es uno de los principales fabricantes de

estas tuberías detalla en sus informes de operaciones que estas tuberías son construidas en moldes centrífugos llamados matrices donde la fabricación se hace capa por capa de adentro hacia afuera, el material es moldeado, desgasificado, comprimido y endurecido al ser presionado por el efecto centrífugo contra la pared de la matriz a presiones de 30 a 70 bares; de esta manera se asegura que tengan una superficie sin burbujas de aire en el interior y se obtiene una superficie uniforme en toda la longitud del tubo.

El vapor conducido a través de estas tuberías es dirigido a una caldera que opera de la siguiente manera: el vapor que se encuentra a alta presión es inducido a través de la turbina (motor rotativo que funciona a base de fluidos que utiliza para generar energía mecánica).



magen 3.2 Turbina de vapor a escala.

Una turbina de vapor se compone de tres partes principales:

- 1) El cuerpo del rotor, que contiene las coronas giratorias de alabes.
- 2) La carcasa, conteniendo las coronas fijas de toberas.
- 3) Álabes.

Además de estos componentes también tiene una serie de elementos estructurales, mecánicos y auxiliares, como son cojinetes, válvulas de regulación, sistema de lubricación, sistema de refrigeración, virador, sistema de control, sistema de extracción de vahos, de aceite de control y sistema de sellado del vapor, la Imagen 3.2 muestra a escala la estructura de una turbina de vapor.

El rotor: Este componente en una turbina de acción es de acero fundido con níquel o cromo con la finalidad de darle tenacidad al rotor y tiene un diámetro uniforme. Normalmente las ruedas donde se colocan los álabes se acoplan en condiciones elevadas de temperatura al rotor sin embargo también se pueden fabricar en una sola pieza forjada al rotor, maquinando las ranuras necesarias para colocar los álabes.

Los álabes: Estos se fabrican utilizando aceros inoxidable, aleaciones de cromo-hierro, con las curvaturas de diseño según los ángulos de salida de vapor y las velocidades necesarias. Debido a que las últimas etapas son críticas por la posibilidad de existencia de partículas de agua que erosionarían a los álabes, se fija una cinta de metal satélite con soldadura de plata en el borde de ataque de cada alabe para retardar la erosión, es decir un refuerzo que mantendrá durante más tiempo la vida útil de los álabes.

Se tienen álabes fijos y móviles, estos se colocan en ranuras alrededor del rotor y la carcasa, se pueden asegurar solos o en grupos fijándolos a su posición por medio de un pequeño seguro, en forma de perno o mediante remaches. Los extremos de los álabes se fijan en un anillo donde se remachan y los más largos se amarran entre sí con alambres o barras en uno o dos lugares intermedios para darles rigidez.

La carcasa: Se divide en dos partes; la parte inferior, unida a la bancada y la parte superior, desmontable para el acceso al rotor. Ambas contienen las coronas fijas de toberas o álabes fijos. Las carcasas son fabricadas de hierro, acero o de aleaciones de este, dependiendo de la temperatura de trabajo, las partes de la carcasa que están sujetas a alta presión son de materiales más resistentes que en la parte del escape.

La humedad máxima debe ser de un 10% para las últimas etapas. Normalmente se encuentra recubierta por una manta aislante que disminuye la radiación de calor al exterior, evitando que el vapor se enfríe y pierda energía disminuyendo el rendimiento de la turbina. Esta manta aislante generalmente está recubierta de una tela impermeable que evita su degradación y permite desmontarla con mayor facilidad.

Válvula de regulación: Esta se encarga de regular el caudal de entrada a la turbina, siendo de los elementos más importantes de la turbina de vapor. Es accionada hidráulicamente utilizando presión de aceite (aceite de control) o neumáticamente. Esta forma parte de dos lazos de control: el lazo que controla la velocidad de la turbina y el lazo que controla la carga o potencia de la turbina.

Cojinetes de apoyo, de bancada o radiales: Sobre ellos gira el rotor. Son de un material blando y están recubiertos de una capa lubricante para que disminuya la fricción. Estos son elementos de desgaste que deben ser sustituidos periódicamente y con una frecuencia establecida en programas de mantenimiento preventivo si su costo es bajo respecto de su producción o bien por observación cuando su superficie se encuentre en un estado deficiente.

Cojinete de empuje o axial: Este componente impide el desplazamiento del rotor en la dirección del eje eliminando el empuje axial que sufre este por el efecto del vapor

evitando así que repercuta en el reductor dañándolo seriamente. Este componente no se encuentra en contacto con el eje, hace tope con un disco ensamblado al eje.

El cojinete está construido en un material blando y recubierto por una capa de material que disminuye la fricción entre el disco y cojinete, además debe encontrarse convenientemente lubricado.

Para comprobar el estado del cojinete además de la medir la temperatura y las vibraciones del eje, se mide de forma constante el desplazamiento axial, si se excede el límite permitido, el sistema de control provoca la parada de la turbina o impide que esta complete su puesta en marcha.

Sistema de lubricación: Proporciona el fluido lubricante generalmente aceite. Para asegurar la circulación del aceite en todo momento el sistema suele estar equipado con tres bombas:

- Bomba mecánica principal: Acoplada al eje de la turbina, de forma que siempre que este girando la turbina está girando la bomba, asegurándose así la presión de bombeo mejor que con una bomba eléctrica. Sin embargo en los arranques esta bomba no da presión suficiente, por lo que es necesario que el equipo tenga al menos una bomba adicional
- Bomba auxiliar: Se utiliza exclusivamente en los arranques y sirve para asegurar la correcta presión de aceite hasta que la bomba mecánica puede realizar este servicio. Se conecta antes del arranque de la turbina y se desconecta a unas revoluciones determinadas durante el arranque, cambiándose automáticamente de la bomba auxiliar a la bomba principal. También se conecta durante las paradas de la turbina.

- **Bomba de emergencia:** Si se produce un problema de suministro eléctrico en la planta y esta quedara sin tensión, durante la parada habría un momento en que la turbina se quedaría sin lubricación ya que la bomba auxiliar no tendría tensión. Para evitar este problema, las turbinas suelen ir equipadas con una bomba de emergencia que funciona con corriente continua proveniente de un sistema de baterías.

Sistema de extracción de vahos: Debido a que el depósito de aceite suele estar a presión inferior a la atmosférica y para facilitar la extracción de vapores de aceite así como dificultar una posible fuga de aceite al exterior además de conseguir el vacío requerido en el sistema de lubricación, este sistema suele ir equipado con un extractor.

Sistema de refrigeración de aceite: El aceite en su recorrido de lubricación se calienta modificando su viscosidad y sus propiedades lubricantes llegan a degradarse si el calor es excesivo. Para evitarlo esto, el sistema de lubricación dispone de unos intercambiadores que enfrían el aceite, estos intercambiadores pueden ser aire-aceite, de forma que el calor del aceite se evacua a la atmósfera, o agua-aceite, de forma que el calor se transfiere al circuito cerrado de refrigeración con agua de la planta.

Sistema de aceite de control: En los casos cuando la válvula de regulación se acciona oleohidráulicamente, la turbina está equipada con elementos de presión para el circuito de aceite de control, el cual debe mantener a una presión hidráulica entre 50 y 200 bares. El sistema de control gobierna la válvula de salida que hace llegar al aceite hasta la válvula de regulación de entrada de vapor con la presión adecuada.

Sistema de sellado de vapor: Las turbinas de vapor están equipadas con sellos de carbón, que se ajustan al eje y/o con laberintos de vapor. Con esto se consigue evitar que el vapor salga a la atmósfera y disminuyan la eficiencia térmica de la turbina.

Virador: El sistema virador consiste en un motor eléctrico o hidráulico (normalmente hidráulico) que hace girar lentamente la turbina cuando no está en funcionamiento. Esto evita que el rotor se curve debido a su propio peso o por expansión térmica, en parada. La velocidad de este sistema es muy baja (varios minutos para completar un giro completo de turbina), pero se vuelve esencial para asegurar la correcta rectitud del rotor. Si por alguna razón este sistema se detiene (avería del rotor, avería de la turbina, inspección interna con desmontaje) es necesario asegurar que, antes de arrancar, estará girando varias horas con el sistema virador.

Compensador: Es el elemento de unión entre la salida de la turbina y el resto de la instalación (generalmente las tuberías que conducen al condensador o el propio condensador). Ya que la carcasa de la turbina sufre grandes cambios de temperatura, este elemento de unión es imprescindible para controlar y amortiguar el efecto de dilataciones y contracciones.

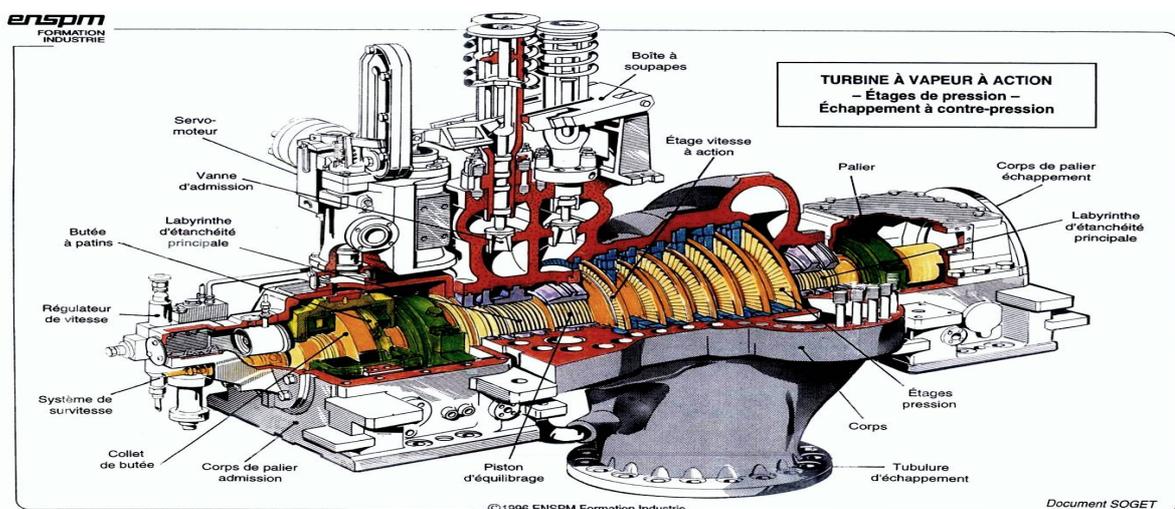


Imagen 3.3 Turbina de vapor y sus componentes.

El trabajo en una turbina de vapor inicia al inducir el flujo (vapor), este es conducido a través de los alabes que están fijos a un componente de la turbina llamado rodete, el diseño de estos elementos permite llevar cabo el cambio energético, de un flujo a energía mecánica, en la Imagen 3.3 se observan los dispositivos que componen una turbina de vapor. El ciclo de Rankine es el ciclo ideal que sirve de base al funcionamiento de las centrales termoeléctricas, para entender esto importante mencionar que es un ciclo Rankine.

El ciclo Rankine opera con vapor y consiste en calentar el agua en una caldera hasta evaporarla y elevar la presión del vapor, este vapor se hace inducir entre los álabes de una turbina donde perderá presión pero genera energía cinética. El ciclo continua hacia un condensador donde el flujo se licúa para ser nuevamente inducido a una bomba la cual aumentará nuevamente la presión del vapor que será dirigido una vez más a la caldera.

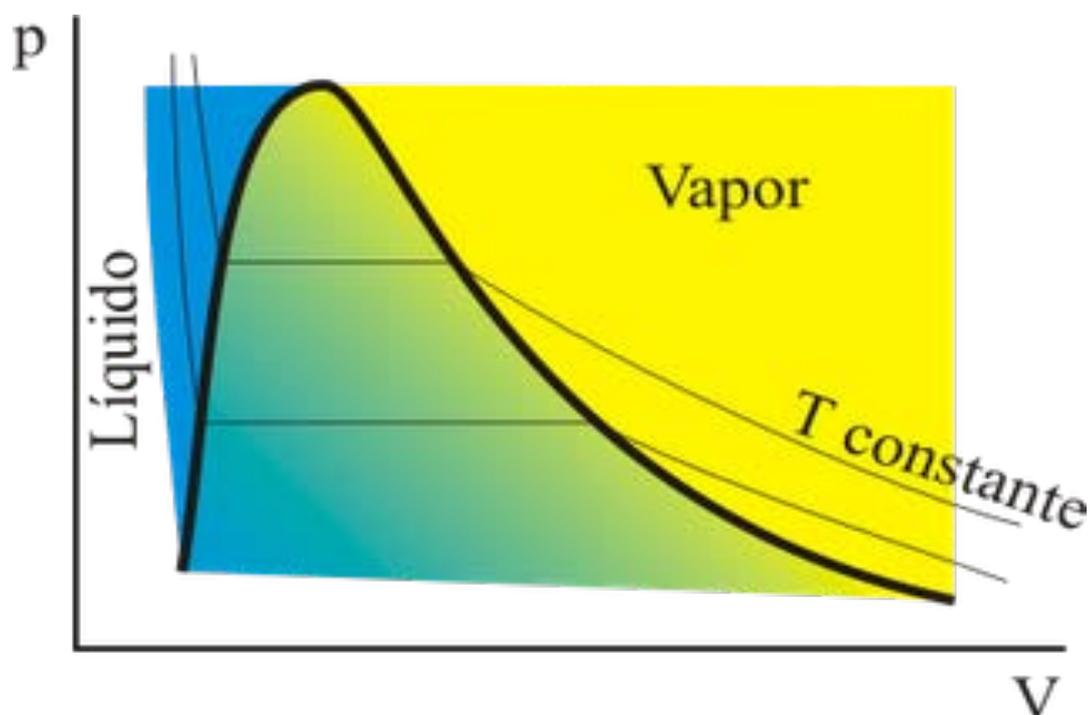


Imagen 3.4 Diagrama Ciclo Rankine Presión-Vapor.

En la Imagen 3.4 se observa el diagrama de este ciclo donde la parte izquierda en azul corresponde al estado líquido que prácticamente no sufre cambio al aumentar el volumen y la presión, en la parte amarilla a la derecha del diagrama se observa el estado vapor donde el fluido se comporta como un gas, dentro de la campana el flujo se está evaporando, esto debido a que la presión y el calor que se le induce al flujo no es para elevar su temperatura sino para que se evapore.

Este ciclo se puede optimizar y hacerse más eficiente al hacer uso de dos turbinas, una de alta presión y una de baja presión como se observa en la Imagen 3.5 y se detalla a continuación:

- 1) En la etapa 1-2 la presión aumenta en el líquido sin que ocurran pérdidas de calor utilizando un compresor.
- 2) En la etapa 2-3 se suministra calor al fluido a presión constante en una caldera donde se evapora el líquido elevándose la temperatura del vapor al máximo.
- 3) En la etapa 3-4 se da una expansión adiabática, (curva de variación del volumen con la presión de un gas que se efectúa sin haber un intercambio de calor externo), con esto el vapor a alta presión realiza un trabajo en la turbina, en este caso de alta presión.
- 4) En la etapa 4-1 se enfría el fluido vaporizado a presión constante en el condensador hasta volver a convertirlo en líquido y reiniciar nuevamente el ciclo.
- 5) En la etapa 4-5 el agua comprimida es precalentada aprovechando el calor de los gases que salen por la chimenea de la caldera.
- 6) En la etapa 5-6 el vapor ahora recalentado que ha pasado por la turbina de alta presión y nuevamente por la caldera es inducido a otra turbina de baja presión, de esta manera es como se hace más eficiente el ciclo Rankine.

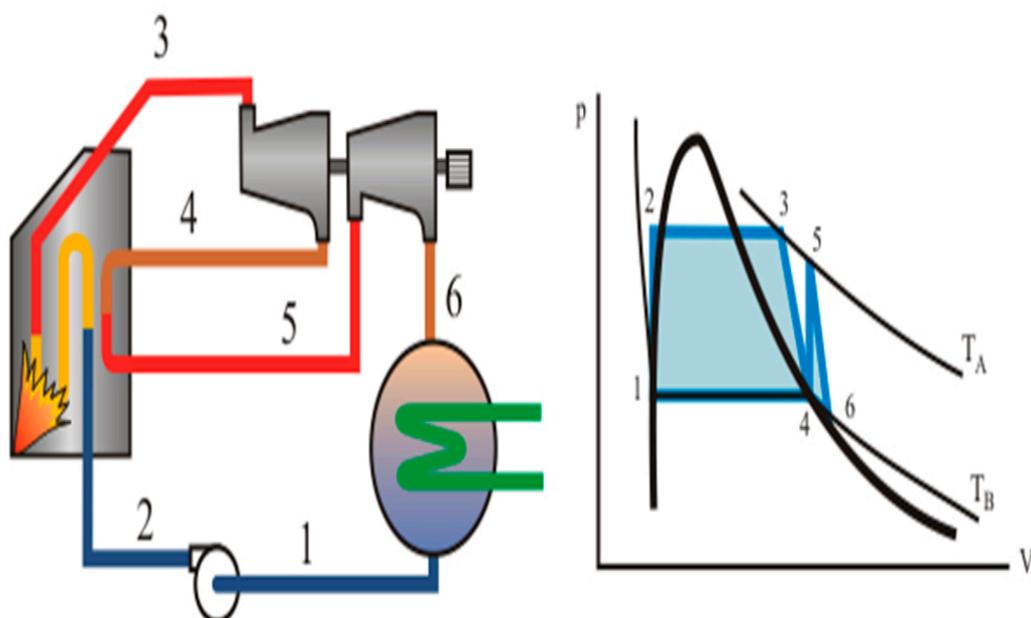


Imagen 3.5 Etapas de eficiencia y proceso del ciclo Rankine.

Una vez que es completado este ciclo y que se ha llevado a cabo el cambio energético de un flujo a energía mecánica esta se trasmite a un generador.

Un generador tiene como finalidad convertir energía mecánica en energía eléctrica, sus principales componentes son:

En la Imagen 3.6 se observan los dos componentes principales de un generador sencillo, el estator, que es una armadura metálica en reposo recubierta por alambres de cobre que forman un circuito y el rotor, este es un eje que gira dentro del estator impulsado por la turbina. Generalmente el rotor en su parte externa tiene un electroimán, su funcionamiento consiste en que al girar el rotor a grandes velocidades debido a la energía mecánica externa que proveniente de la turbina, produce corrientes en los hilos de cobre del estator.

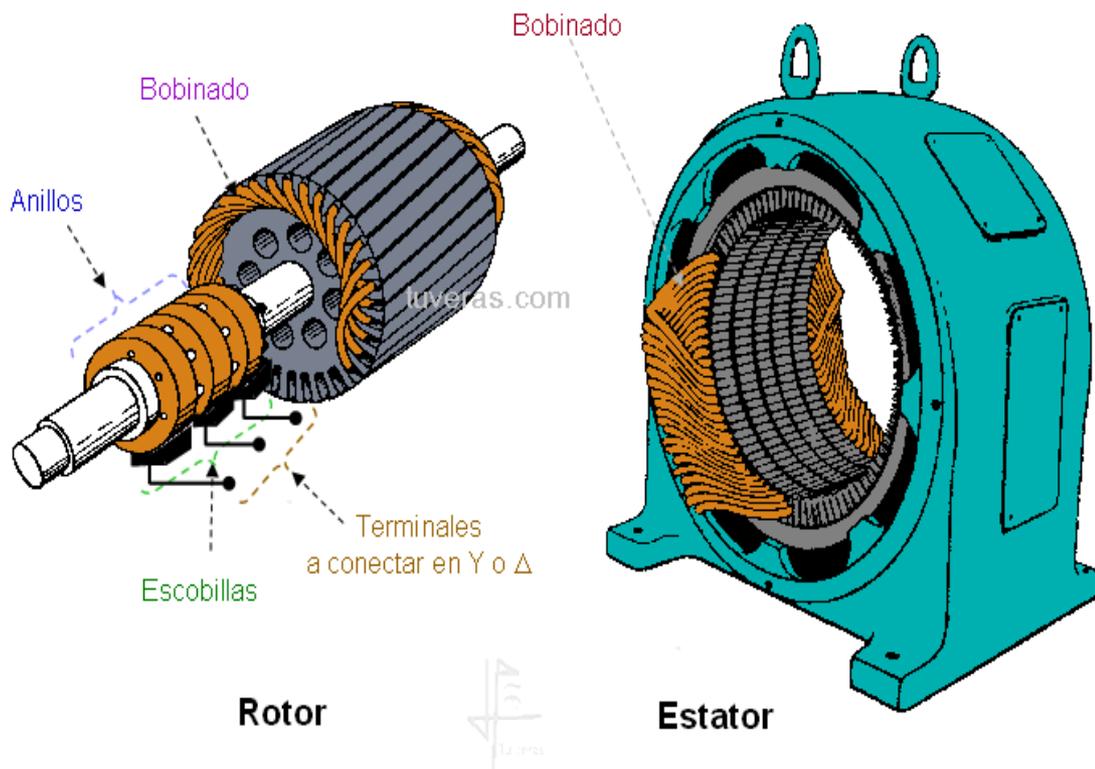


Imagen 3.6 Generador eléctrico.

Analizando detalladamente un generador eléctrico es un dispositivo que convierte energía mecánica en energía eléctrica y es el último componente dentro del proceso de generación eléctrica en una central termoeléctrica. Este generador mantiene una diferencia de potencia también conocida como tensión eléctrica expresada en Voltios (V), esta magnitud denominada así debido a que puede ser medida, cuantifica la tensión eléctrica entre dos puntos llamados bornes, polos o terminales. La energía mecánica aplicada a este dispositivo genera un campo magnético en los conductores eléctricos que tiene dentro de su armadura. Al producirse mecánicamente movimiento entre los conductores y el campo magnético se genera una fuerza electromotriz (f.e.m.) que realizará la labor de trasladar los electrones desde un polo positivo y depositarlos en el polo negativo dentro del generador eléctrico.

$$V = I \cdot R$$

Ecuación 1, Fórmula de la tensión eléctrica o diferencia de potencia (Volts).

Donde en la ecuación 1:

I = es la intensidad en amperios (A)

V = es la tensión en voltios (V)

R = es la resistencia en ohmios (Ω)

En otras palabras, cuando existe una diferencia de potencia entre estos dos puntos o polos se produce un flujo de electrones a través del conductor debido a que parte de la carga de mayor potencial se transfiere al punto de menor potencial con la finalidad de igualar el potencial eléctrico en ambos puntos, para hacer posible este flujo de electrones se requiere de una fuerza electromotriz (f.e.m.). Por esto es que esta fuerza electromotriz es necesaria para realizar el traslado de electrones desde un polo positivo y depositarlos en el polo negativo dentro del generador eléctrico.

Lo que resulta de este fenómeno físico se le conoce como corriente eléctrica también llamada intensidad eléctrica que será cuantificada midiendo el flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo, de tal manera que: La intensidad de corriente (I) es la circulación de cargas eléctricas (Q) a través de un circuito eléctrico en un tiempo (t) determinado cuya unidad es el amperio (A).

La intensidad de corriente eléctrica (I) está dada por la siguiente fórmula:

$$I = \frac{q}{t}$$

Ecuación II Fórmula 1 de la Intensidad de corriente (Amperes).

Donde en la ecuación II:

I = Intensidad expresada en Amperios (A)

Q = Carga eléctrica expresada en Culombios (C)

t = Tiempo expresado en segundos (s.)

En función de los datos con que se cuenten la intensidad de corriente también está dada por la siguiente fórmula:

$$I = \frac{V}{R}$$

Ecuación III Fórmula 2 de la Intensidad de corriente (Amperes).

Donde en la ecuación III:

I = es la intensidad en amperios (A)

V = es la tensión en voltios (V)

R = es la resistencia en ohmios (Ω)

La resistencia eléctrica (R) es la oposición que ofrece un cuerpo al paso de la corriente eléctrica su unidad es el ohmio (Ω).

Como resultado de la realización de todos estos pasos se obtiene la corriente eléctrica o intensidad eléctrica (Amperes) en forma alterna (C.A. o A.C.) la cual está representada en la Imagen 3.7:

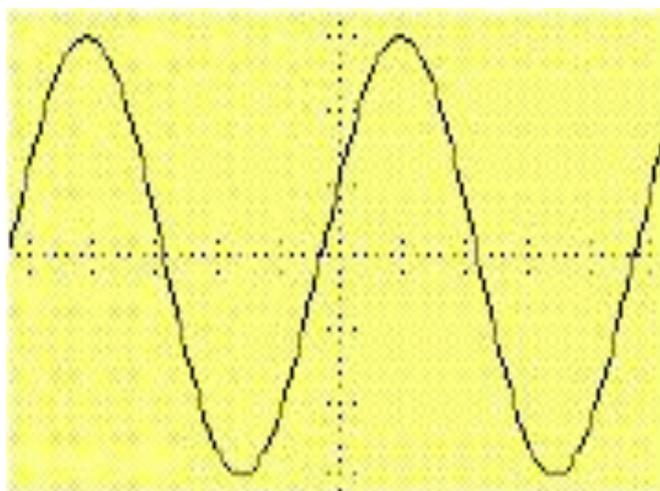


Imagen 3.7 Corriente Alterna.

Así se comporta todo el proceso de generación eléctrica en una central termoeléctrica ya sea calentando el fluido que después será el vapor que accionará la turbina con hidrocarburos o haciendo uso de la geotermia. Una central geotérmica implica la exposición del agua a las rocas calientes en lo profundo de la Tierra. La inyección de agua en las rocas genera vapor, esta estructura geológica es la que se aprovecha para que el uso de un combustible fósil no sea necesario para calentar el fluido y generar el vapor, la Imagen 3.8 muestra la relación temperatura-profundidad en la corteza terrestre.

Para aprovechar estas condiciones geológicas se hace una perforación practicada a gran profundidad sobre la corteza terrestre (5 km), con objeto de obtener una temperatura mínima de 150 °C, en la cual se han introducido dos tubos en circuito cerrado en contacto directo con la fuente de calor.

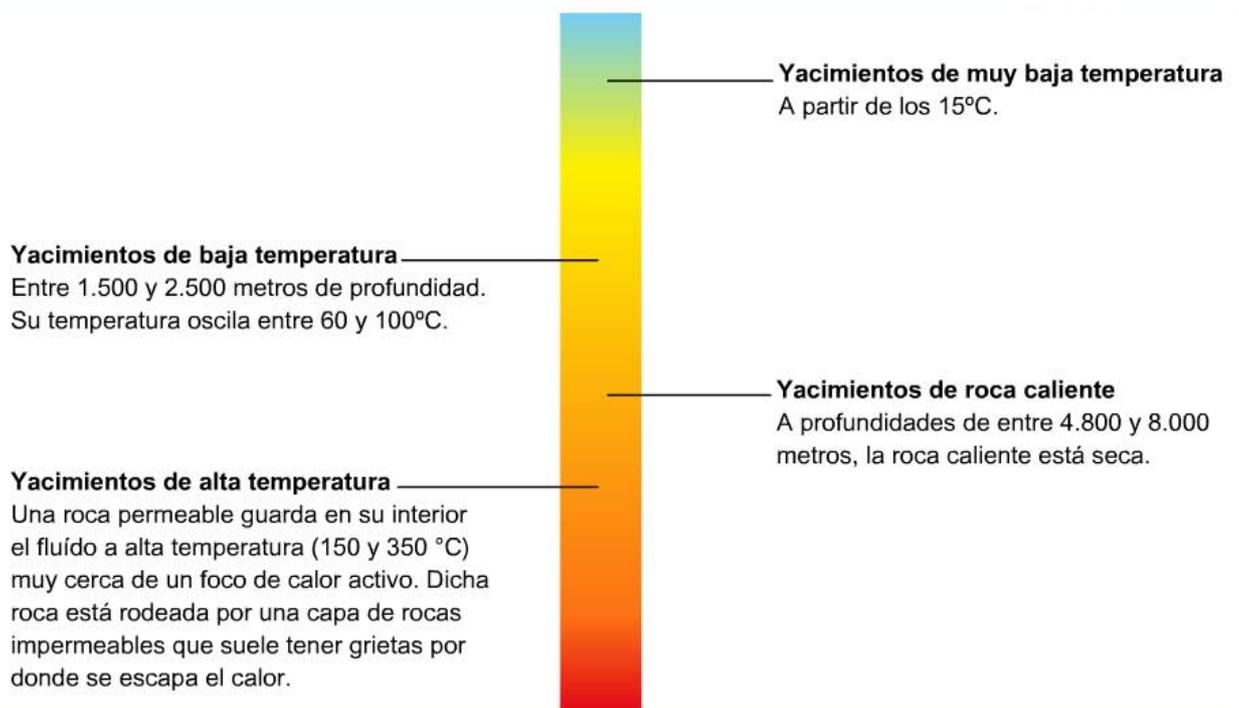


Imagen 3.8 Temperaturas en la corteza terrestre.

Mediante uno de estos tubos el vapor de agua es transportado hasta la superficie, este vapor sube a presiones muy elevadas lo que acciona la turbina de vapor, esta turbina que esta acoplada a un generador eléctrico gira a gran velocidad el cual produce la energía eléctrica que será enviada a la red eléctrica, el vapor que sale de esta turbina es enviado a un condensador para que vuelva a su estado líquido, posteriormente pasa a una torre de enfriamiento donde bajará su temperatura, finalmente el agua regresa al depósito para recargarlo nuevamente y así completar el ciclo renovable de la energía eléctrica mediante un proceso geotérmico, este se puede observar en la imagen 3.9 (AGM, 2014).

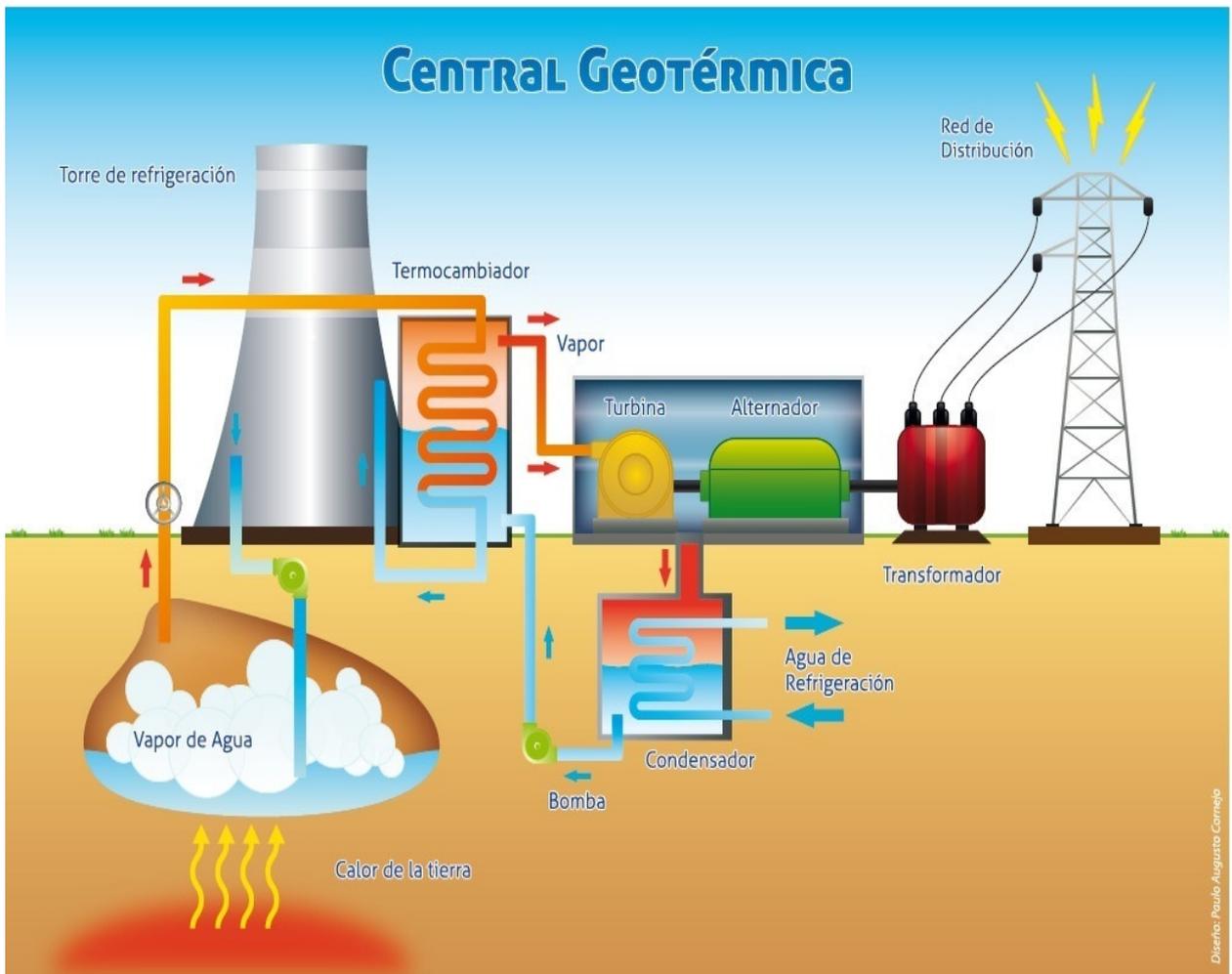


Imagen 3.9 Proceso de generación en una central geotérmica.

3.1.2 Capacidad efectiva de generación en una central geotérmica

La capacidad efectiva que tiene una central geotérmica está dada, al igual que otras centrales, en función de sus propias instalaciones. Con la finalidad de manejar datos específicos será de la central geotérmica de Cerro Prieto de donde se obtendrán los datos necesarios para comprender este punto del presente trabajo.

La central geotérmica Cerro Prieto cuenta con 11 unidades y una capacidad instalada de 570 MW generando 3,982 GWh. La central eléctrica de Cerro Prieto es considerada una

de las más grandes en el mundo y está contemplada para tener una capacidad efectiva instalada de 820 MW. (CFE, 2014). Esta central geotérmica ocupa un lugar muy importante en la generación de energía eléctrica de México ya que sus operaciones coadyuvan con una parte importante de la generación de electricidad sin que esto deba implicar la utilización de combustibles fósiles. Cabe mencionar nuevamente que esta central en su primera etapa ha generado 4 mil millones de Kilovatios/hora lo que representa un ahorro de 8 millones de barriles de petróleo.



Imagen 3.10 Central geotérmica Cerro Prieto, Mexicali Baja California.

La Imagen 3.10 de la central geotérmica Cerro Prieto muestra una visión de lo que es esta central la cual inició su construcción en 1958 y comenzó operaciones en 1973, su

ubicación en el Valle de Mexicali, Baja California ha permitido que se incremente el número de unidades construidas hasta llegar a once, estas unidades están distribuidas en las cinco estaciones con que cuenta la central. Cerro Prieto es un volcán que nunca tuvo ningún tipo de erupción sin embargo la actividad tectónica produce el calor suficiente para ser aprovechado en la generación de electricidad. Debido a la presencia de intrusiones ígneas, adelgazamientos corticales y su gran actividad tectónica hace de Cerro Prieto una zona de flujo térmico alto.

ESTACIONES	NUMERO DE UNIDADES	CAPACIDAD EN OPERACION EFECTIVA MW	CAPACIDAD INSTALADA MW
CERRO PRIETO 1	1	0	180
CERRO PRIETO 2	1	220	220
CERRO PRIETO 3	1	220	220
CERRO PRIETO 4	4	30	100
CERRO PRIETO 5	4	100	100
TOTAL	11	570	820

Tabla 3.2 Datos estaciones central Cerro Prieto B.C.

En la central Cerro Prieto todas las unidades son a condensación, de un solo flasheo, excepto, la unidad más antigua que se encuentra actualmente fuera de operación, y por lo tanto la capacidad operativa (o capacidad efectiva) del campo es de **570 MW**. (CFE, GPG, AGM, 2014).

3.1.3 Impacto ambiental en una central operada con energía geotérmica.

La energía geotérmica es renovable, la cantidad de residuos que produce es mínima, sin embargo existen algunos aspectos contaminantes en este tipo de generación eléctrica.

En algunos casos el agua extraída puede contener sustancias tóxicas como arsénico y ácido sulfúrico, estos al entrar en contacto con las elevadas temperaturas puede ocasionar daños en los ecosistemas.

En ocasiones se pueden genera pequeños micro sismos que afectan el entorno de la central geotérmica sobre todo cuando se aplican procesos de reinyección tal y como se observa en la Imagen 3.11 donde se aprecia el impacto de un micro sismo en la infraestructura cercana a la central geotérmica. Durante la construcción de los caminos de acceso se puede ocasionar la destrucción de bosques o áreas naturales, propiciando disturbios en el ecosistema local, además de otros aspectos como ruidos, polvos, humos y en algunas zonas, puede causar erosión del suelo. (AGM, 2014).

Los gases no condensables, acarreados por el vapor geotérmico, deben ser liberados a la atmósfera (dependiendo de qué tipo de planta de generación es utilizada), estos están compuestos principalmente por: dióxido de carbono y sulfuros de hidrógeno, con trazas de amoníaco, hidrógeno, nitrógeno, metano, radón, boro, arsénico y mercurio. Algunos de estos compuestos pueden ocasionar daños en el sistema respiratorio e incluso pueden ser cancerígenos. (AGM, 2014).



Imagen 3.11 Contaminación ocasionada por centrales geotérmicas.

Muchas veces se aplican tratamientos físico-químicos de depuración, durante estos existe el riesgo de contaminar las aguas subterráneas debido a la utilización de determinados líquidos en la etapa de perforación. Además de que se pueden dar infiltraciones a través de orificios en las paredes del pozo en la etapa de reinyección, lo que ocasiona que el líquido contaminado escurra hacia las primeras capas de la corteza, sobre todo cuando existen fallos en la impermeabilidad de las piletas de evaporación. (AGM, 2014).

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS Y PROPUESTA COMPARATIVA

Contando con los antecedentes de que es la electricidad y su desarrollo en México, la manera de cómo funciona una central operada con hidrocarburos y una central operada con tecnología geotérmica ya se puede hacer un análisis y una propuesta comparativa sustentable.

Las constantes fluctuaciones en el mercado internacional de los hidrocarburos así como el interés mundial por desarrollar nuevas tecnologías en la generación de electricidad que sean cada vez más limpias y menos agresivas con el medio ambiente han hecho que la inversión en estos proyectos se incrementará de manera importante durante los últimos años; sin embargo en el caso de la energía geotérmica se deben considerar varios factores que son necesarios para poder llevar a cabo proyectos de centrales geotérmicas ya que esto no se puede aprovechar de la misma manera en todos los países debido a que es una fuente determinada por las condiciones geológicas de cada región.

En México estas condiciones geológicas son favorables, comprendiendo que aun cuando se explotaran al máximo estas condiciones geológicas no serían suficientes para generar toda la energía que requiere el país, si aportaría un porcentaje importante y con un costo de generación menor que el de otras centrales operadas con tecnología a base de hidrocarburos.

4.1 Análisis de las ventajas y desventajas entre ambas centrales.

Las diferencias entre las centrales termoeléctricas que operan con hidrocarburos y las centrales que operan con geotermia en lo que se refiere a sus procesos son prácticamente iguales, en cada una de ellas debe existir una serie de componentes

estructurados de manera que el vapor generado a alta presión haga accionar una turbina de vapor (con todo lo que implica realizar este ciclo), la cual transmitirá energía mecánica a un generador el que proporcionara energía eléctrica, sin embargo donde existe la diferencia entre estas dos centrales es en la manera en que será calentado este vapor que accionará la turbina, es aquí es donde entran las diferencias y con ello las ventajas y desventajas de operación entre cada una de las centrales, comprendiendo que una requiere de un consumo de algún hidrocarburo ya sea gas (es el menos contaminante), combustóleo, diesel o carbón, la otra utilizara la energía térmica del subsuelo cuando se encuentra en condiciones como se observa en la Imagen 4.1 para llevar a cabo este proceso de calentamiento del fluido que se transformará en vapor a la turbina. Esto por si solo ya marca una diferencia importante ya que al no requerir combustibles fósiles que calienten el fluido se tiene un importante ahorro de recursos que pueden ser destinados ya sea a mejorar la propia central o incluso a otros sectores del país.

Ejemplo de este ahorro es el mencionado para la generación de electricidad durante la primer etapa de la central Cerro Prieto, se generaron 4 millones de Kilovoltios es decir 4000 millones de volts, los que de haber sido generados en otra central termoeléctrica en donde se utilizara algún combustible implicaría que se habría requerido utilizar 8 millones de barriles de petróleo, considerando el precio del barril de petróleo en México al mes de octubre de 2014 cuyo costo es de 81 dólares y considerando también el tipo de cambio de dólar a pesos mexicanos al mismo mes que fue de 13.54 pesos por dólar, implicó un ahorro de 648 millones de dólares equivalente a 8,773,920,000 de pesos, que como se puede ver es una cantidad muy importante que se ahorró únicamente en Cerro Prieto durante su primer etapa de operación que fue de 1973 hasta 1980.*

* Nota: Información extraída de:

Energías Renovables, 2014 La planta Geotérmica de Cerro Prieto. Extraído el día 17 de Octubre de 2014, desde http://www.renovableshoy.com/energias_renovables/geotermica/plantageotermica_cerropri.html

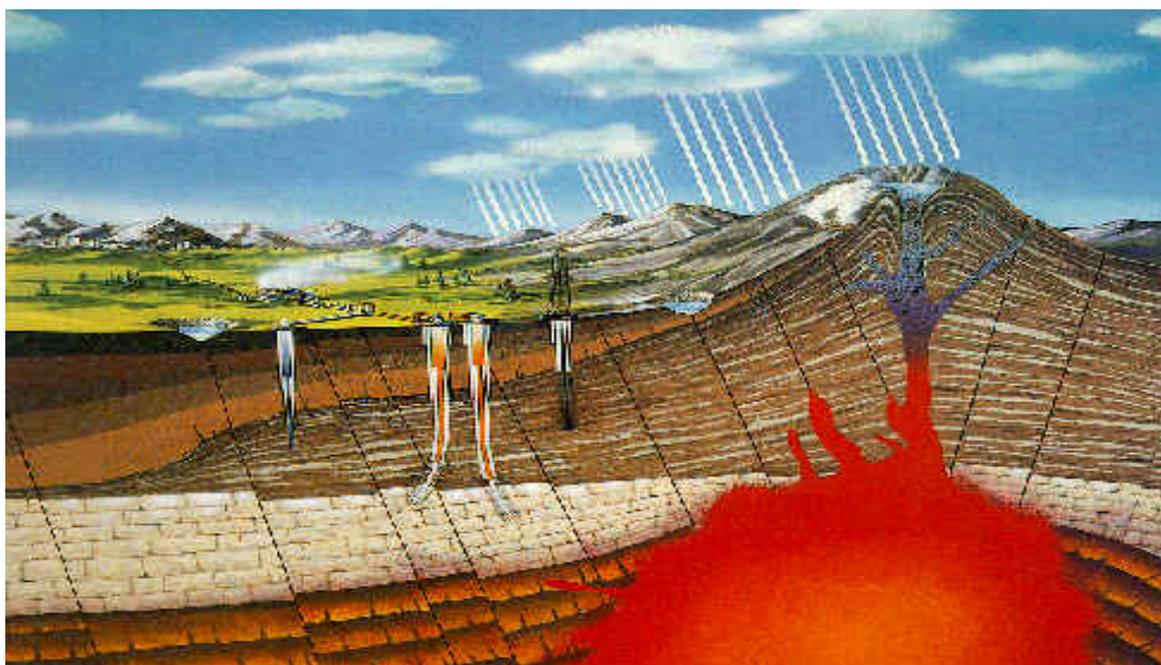


Imagen 4.1 Campo Geotérmico.

Es por esto que el ahorro económico marca una diferencia importante en la inversión de centrales geotérmicas en comparación con otras centrales térmicas. Además de las diferencias económicas existen otras mencionadas a continuación:

Ventajas de una central operada con tecnología geotérmica:

- 1) Produce mucha energía.
- 2) Produce energía relativamente rentable.
- 3) En algunos casos los residuos producidos durante la combustión se pueden utilizar en otros sectores industriales como es el caso de la industria de la construcción, sin que este proceso requiera del uso de combustible fósiles.
- 4) Es una fuente que disminuye la dependencia energética de los combustibles fósiles y otros recursos no renovables.
- 5) Los residuos que produce este proceso de generación eléctrica son mínimos, por esto el impacto ambiental es reducido de manera muy importante.

- 6) Es un sistema con el que se ahorra tanto en lo económico como en lo energético.
- 7) Estas centrales no generan ruidos exteriores considerables.
- 8) Los recursos geotérmicos son mucho mayores que los recursos procedentes de los combustibles fósiles.
- 9) Es un recurso energético que no está sujeto a precios internacionales, esto permite mantener siempre precios locales o nacionales.
- 10) El área del terreno requerido por una central geotérmica analizado por megavatio producido es menor que el requerido por otro tipo de centrales, además de no requerir la tala de árboles ni la construcción de represas.
- 11) Las emisiones de CO₂ que generan el efecto invernadero es muy inferior al que se emitirá por otras centrales para obtener la misma energía de combustión incluso puede llegar a ser nula en casos donde se reinyecta el agua creando un circuito cerrado el cual no tendrá contacto con el exterior.

Desventajas de una central térmica operada con combustibles fósiles:

- 1) Los gases producidos durante la combustión contaminan de manera importante la atmosfera.
- 2) El agua que se utiliza para la etapa de enfriamiento queda contaminada.
- 3) Durante los procesos de limpieza de estas centrales se producen grandes cantidades de residuos
- 4) Para su operación, estas centrales requieren del uso de combustibles fósiles (gas natural, diesel, combustóleo o carbón) que son recursos no renovables.

Es importante no omitir que aun cuando se considera una manera limpia de producir energía eléctrica, esta como todos los procesos industriales, también presenta algunas desventajas en sus procesos operacionales, las cuales se mencionan a continuación:

Desventajas de una central eléctrica operada con tecnología geotérmica:

- 1) En algunos yacimientos secos se han producidos microsismos como resultado de enfriamientos brusco de las piedras calientes situación que origina que están sufran de fisuras.
- 2) No es una energía inagotable.
- 3) En ciertos casos se da la emisión de ácido sulfhídrico que se detecta por su olor a huevo podrido, pero que en grandes cantidades no se percibe y es letal.
- 4) Contaminación de aguas próximas con sustancias como arsénico, amoníaco, etc.
- 5) Contaminación térmica.
- 6) Deterioro del paisaje.
- 7) No se puede transportar (como energía primaria), salvo que se haga con un intercambiador caloportador distinto del de las aguas del acuífero.
- 8) No está disponible más que en determinados lugares, salvo la que se emplea en la bomba de climatización geotérmica, que se puede utilizar en cualquier lugar de la Tierra.
- 9) El impacto visual suele ser considerable si las plantas geotérmicas se ubican en campos geotérmicos que coincidan con espacios de gran valor natural y paisajístico (géiseres, termas, etc.)
- 10) En zonas con alta actividad tectónica, la reinyección de fluidos en el terreno durante la explotación de las reservas puede aumentar la frecuencia de pequeños terremotos en la zona.
- 11) Existe la posibilidad de disminuir los niveles de agua subterránea, con las consiguientes pérdidas de presión, hundimientos del terreno y compactación de formaciones rocosas

Sin embargo todas estas problemáticas pueden ser evitadas, con diseños de planta apropiados y con monitorizaciones periódicas de las aguas subterráneas. Es importante trabajar con controles de calidad, principalmente en la etapa de perforación y

construcción para evitar estos problemas con la finalidad de controlar y mantener la presión de las reservas de agua.

La implementación de planes y programas de mantenimiento disminuyen de manera importante todas estas desventajas y dan como resultado la obtención de energía eléctrica de manera limpia y con procesos mucho más amigables con el medio ambiente además de entregar estándares altos de eficiencia por tratarse del tecnología geotérmica y no como ocurre con otras como la eólica que tiene altas fluctuaciones y depende enteramente de la velocidad con que el viento llegue a los aerogeneradores.

4.1.1 Análisis de costos en la infraestructura.

Las centrales térmicas, ya sea operadas con el uso de tecnología geotérmica o en donde se requiera combustibles fósiles, tienen muy pocas diferencias en lo que se refiere a la infraestructura; sin embargo al ser centrales que operan con tecnologías diferentes si tienen variación en el costo de sus instalaciones, a continuación se analizan estos costos.

Según los análisis de consultores energéticos la inversión inicial en una termoeléctrica es casi la mitad de la que se requiere para una planta de energía renovable no convencional en este caso sería una central geotérmica. Es decir que el costo de un proyecto para la creación de una central geotérmica es casi el doble que para la creación de una central termoeléctrica que opere con algún hidrocarburo, sin embargo es importante mencionar que, como se verá más adelante, las ventajas de invertir en una central geotérmica no se ve reflejado en los costos del proyecto como central eléctrica, sus beneficios se ven reflejados a largo plazo en los costos que se requieren para producir la electricidad, esto es que mientras que en una central termoeléctrica que requiera de combustibles fósiles para operar utilizará grandes cantidades de este combustible para generar, por ejemplo, 50 Mw de electricidad, en una central geotérmica no se requiere de estas cantidades de

combustible para generar los mismos 50 Mw, además de esto la misma fuente de energía se puede usar en diferentes unidades dentro de la misma central, es decir, para que una central termoeléctrica operada con combustible fósil incremente la cantidad de generación eléctrica se requiere no solo de instalar nuevos dispositivos como lo es la caldera, el generador, etc. y con esto también se incrementará el consumo de combustible ya que los nuevos dispositivos van a requerir de combustible fósil para operar, mientras que en una central geotérmica la energía térmica con la que estos dispositivo operan ya está en la zona, o sea, no se tendrá que invertir en combustibles para generar más electricidad lo único que sería necesario es la instalación de nuevos dispositivos y la perforación o el tratamiento que sea necesario para hacer operar nuevos pozos geotérmicos.

Es por esta razón que al iniciar los estudios en campos geotérmicos se analiza la cantidad de energía con que se cuenta en la zona, con la finalidad de tener la certeza si es factible instalar una central geotérmica en la zona y saber si esta zona es viable para hacer ampliaciones a la central eléctrica.



Imagen 4.2 Energías renovables.

Entendiendo esto se tiene que:

A diferencia de las energías fósiles, las energías renovables como las observadas en la Imagen 4.2 se caracterizan porque en sus procesos de transformación y aprovechamiento en energía útil que no se consumen ni se agotan, esto ocurre más en el caso de las centrales eólicas y solares. En el caso de las geotérmicas si es una energía que puede llegar a tener problemas en su abasto, sin embargo para eso existen procesos de reinyección de agua los que al hacerlo de manera responsable y bajo estándares eficientes de operación garantizan que esta fuente de energía sea muy rentable debido a que se mantendrá en constante realimentación y con esto garantizar su abasto por mucho tiempo.

Entre estas fuentes de energías están:

la hidráulica, solar, eólica, biomasa, biocombustible y la de los océanos que, dependiendo de su forma de explotación, también pueden ser catalogadas como renovables, en la Imagen 4.3 se observan algunas de estas energías mencionadas.



Imagen 4.3 Diferentes fuentes de energías limpias.

Las energías renovables se clasifican en convencionales y no convencionales, según sea el grado de desarrollo de las tecnologías para su aprovechamiento y la penetración en los mercados energéticos que presenten. Dentro de las no convencionales (ERNC) se considera a la biomasa, el biogás, la geotermia, la solar y la mareomotriz.

Analizando esta información se tiene:

La inversión inicial en una central termoeléctrica es casi la mitad de la que se requiere para una planta de energía renovable no convencional como lo sería una central geotérmica, sin embargo haciendo un análisis comparativo a detalle de lo que costaría producir la misma cantidad de electricidad en una y otra se tienen los siguientes datos.

Para producir un megawatt (Mw) los costos oscilan entre los 630 mil dólares cuando se trata de una central cuyo combustible de operación sea el gas natural licuado mientras que para producir la misma cantidad de energía haciendo uso de tecnologías geotérmicas se requiere aproximadamente de 40 mil dólares, esto es una diferencia sumamente interesante considerando que aun cuando el costo de un proyecto de central geotérmica es inicialmente mayor a la larga este proyecto resultaría mucho más rentable que uno de una central termoeléctrica operada con combustibles fósiles.



Imagen 4.4 Acciona empresa dedicada la industria de energías renovables.

Es sumamente rentable generar la electricidad de esta manera, sin embargo la razón por la que no se hace uso frecuente de esta tecnología es que a diferencia de las centrales termoeléctricas operadas con gas natural o con algún otro combustible fósil, en una central geotérmica se debe hacer una inversión mucho mayor al inicio ya que se deben hacer estudios geofísicos, perforaciones y diversos análisis para garantizar que resulte rentable instalar una central geotérmica además se debe contar con al menos 6 campos geotérmicos en el área considerando un costo aproximado y entendiendo que estos costos van en función de la empresa que se contrate para realizar dichos estudios, se tiene que el costo por perforación de pozo oscila entre los 2 y 3 millones de dólares, así lo hace saber Acciona* (Imagen 4.4)

A estos costos se deben agregar también los de componentes de la central, los cuales tienen un aproximado de 50 millones de dólares mientras que para una central geotérmica se requieren aproximadamente 85 millones de dólares y aun que son muy similares entres si los dispositivos necesarios en la central eléctrica, se requiere de un mayor número de estudios y condiciones geofísicas en el caso de un proyecto geotérmico.

* Nota: Información extraída de:

Acciona, 2014 Empresa Española enfocada en proyectos de generación de energía eléctrica haciendo uso de tecnologías renovables. Extraído el día 17 de Octubre de 2014, desde <http://www.acciona.es/lineas-de-negocio/energia/>

4.1.2 Análisis de los instrumentos normativos en proyectos de centrales eléctricas.

Para comprender este apartado, primero se analizará lo que significa un impacto ambiental y los tipos que existen. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es la dependencia de gobierno en México encargada de fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales con la finalidad de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable, en la Imagen 4.5 se observa una muestra del material utilizado por sectores preocupados por generar conciencia del cuidado del planeta.

SEMARNAT define impacto ambiental como la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza, aun que un impacto ambiental se puede originar por un huracán o un sismo, SEMARNAT está orientada básicamente a los impactos ambientales provocados por obras y proyectos en etapas de desarrollo, a estos últimos los denomina impactos potenciales.



Imagen 4.5 Cuidado del planeta.

Existen diversos tipos de impactos ambientales básicamente se clasifican de acuerdo a su origen:

- 1) El aprovechamiento de recursos naturales renovables como el aprovechamiento forestal o la pesca y no renovables como la extracción de petróleo o carbón.
- 2) Contaminación, esto es, todos los proyectos que producen algún residuo peligroso o no en donde se emita gases a la atmósfera o se viertan líquidos al ambiente.
- 3) La ocupación del territorio, estos son los proyectos que al ocupar un territorio modifican las condiciones naturales por acciones tales como el desmonte, compactación del suelo, entre otras.

Estos impactos ambientales también se clasifican de acuerdo a sus atributos:

- 1) Positivo o negativo, en términos del efecto resultante en el ambiente.
- 2) Directo o indirecto, directo si es causado por la acción de algún proyecto o es indirecto por resultado del efecto producido por la acción de este proyecto.
- 3) Acumulativo, esto es la suma de efectos producidos en el pasado y que están ocurriendo en el presente.
- 4) Sinérgico, se produce cuando el efecto conjunto de impactos supone una incidencia mayor que la suma de los impactos múltiples.
- 5) Residual, es aquel que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.
- 6) Temporal o permanente, si se da por un periodo determinado o si es definitivo.

- 7) Reversible o irreversible, dependiendo de la posibilidad de regresar a las condiciones originales.
- 8) Continuo o periódico, dependiendo del periodo en que se manifiesta.

SEMARNAT es la instancia encargada de verificar los proyectos. Para llevar a cabo esta función se apoya en diversas normas y reglamentos. A continuación se describen aquellas que cobran relevancia por su importancia al momento de llevar a cabo el proyecto de una nueva central eléctrica (sin distinción del tipo de tecnología que se tenga contemplada para sus procesos).

Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).

Para la preservación de la flora y fauna silvestre: En la etapa de preparación del sitio, el desmonte deberá hacerse de manera que no se alteren las condiciones necesarias para la subsistencia de las especies de flora y fauna silvestre, especialmente las endémicas, amenazadas o en peligro de extinción (Artículos 79, 80 y 83).

Para la prevención y control de la contaminación de la atmósfera: Las emisiones de contaminantes de la atmósfera producida por el uso de maquinaria y vehículos, operación de los patios de almacenamiento de ceniza deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico (Artículo 110).

Para prevención y control de la contaminación del suelo: Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o filtren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar la contaminación del suelo (Artículo 136).

Para prevención y control de la contaminación del suelo. Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar la contaminación del suelo (artículo 136).

Ley Forestal.

De acuerdo con la Ley Forestal vigente, toda obra o actividad que requiera remover total o parcialmente la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales, deberá obtener la autorización de SEMARNAT para el cambio de utilización de terrenos forestales, definidos éstos en la Ley como “los que están cubiertos por vegetación forestal”. Para cumplir con esto CFE debe someter a consideración el proyecto ante la Delegación Federal de la SEMARNAT. La Imagen 4.6 muestra una analogía del equilibrio que debe existir entre la industria y el cuidado del planeta.



Imagen 4.6 Equilibrio entre industria y el cuidado del planeta.

Ley de Aguas Nacionales.

De acuerdo con las reglas y condiciones que establece esta ley, la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales por dependencias y organismos descentralizados de la administración pública federal, estatal o municipal, se podrá realizar mediante asignación otorgada por la CNA (Artículo 20).

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de residuos peligrosos.

La NOM-052-ECOL-1993 destaca que todos aquellos residuos peligrosos generados durante las diferentes fases del proyecto como son: aceites usados, estopa impregnada de aceite, latas con restos de pintura, etc., serán almacenados en depósitos para residuos peligrosos que cumplan con las especificaciones necesarias que garanticen que estos residuos se manejarán, envasarán, almacenarán y transportarán de acuerdo con el Reglamento y en las normas técnicas ecológicas correspondientes; así como informar a la autoridad en los tiempos especificados por el Reglamento (Artículos 8, 9, 12, 14-22).

Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.

Este ordenamiento especifica que se deberá obtener una concesión o designación para el aprovechamiento de las aguas nacionales, para lo cual deberá presentar una solicitud ante la Comisión Nacional de Aguas (Artículo 29). Asimismo, especifica que los concesionarios y asignatarios deberán tener los medidores de volumen de agua respectivos (Artículos 52) y la obligación de tomar las medidas necesarias para prevenir su contaminación (Artículo 134).

Normas Oficiales Mexicanas.

Las normas oficiales mexicanas que regularán las actividades y procesos de Proyectos como el de una central eléctrica son las siguientes:

Para prevenir la contaminación del aire.

- A) Norma Oficial Mexicana NOM-041-ECOL- 1999. Nivel máximo permisible de gases contaminantes de escapes de vehículos que usan gasolina.
- B) Norma Oficial Mexicana NOM-045-ECOL-1993. Establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.

Para prevenir la contaminación por ruido.

- A) Norma Oficial Mexicana NOM-080-ECOL-1994. Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.

Recursos naturales

- A) Norma Oficial Mexicana NOM-022-RECNAT-2000. Establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.
- B) Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Establece las especificaciones para clasificar las especies nativas de México de flora y fauna silvestre y ubicarlas en su categoría correspondiente, es decir si están en riesgo y en qué grado, si se

incluyen a la lista de especies en riesgo, si se excluyen de esta lista o si solo cambian de categoría.

- C) Norma Oficial Mexicana NOM-060-ECOL-1994. Establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal.
- D) Norma Oficial Mexicana NOM-061-ECOL-1994. Establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal.
- E) Norma Oficial Mexicana NOM-053-ECOL-1993. Establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
- F) Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993. Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
- G) Norma Oficial Mexicana NOM-007-SCT2-1994. Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.

Estos son los lineamientos más importantes a seguir durante el proyecto de una central eléctrica, sin embargo se deben tener planes y programas de mantenimiento, supervisión, evaluación y corrección en caso de ser necesario de las instalaciones con la finalidad de que se garantice que los daños al medio ambiente sean en lo posible los menores.

4.1.3 La Reforma Energética 2013-2014.

México ha vivido recientemente una serie de cambios políticos en diversos sectores entre ellos el sector energético con la apertura de inversión extranjera en los procesos de explotación de hidrocarburos, de esta manera se logró llevar a cabo la reforma más

anhelada por los presidentes de México en los últimos 20 años, ya que fue desde el sexenio del ex presidente Ernesto Zedillo Ponce de León (1994-2000) que se proponía la necesidad de llevar a cabo esta reforma, lo mismo durante los sexenios de Vicente Fox Quesada (2000-2006), Felipe Calderón Hinojosa (2006-2012) y finalmente se vio promulgada con el presidente Enrique Peña Nieto. La reforma energética entró en vigor el 21 de diciembre de 2013, un día después de su publicación en el Diario Oficial de la Federación por la Secretaría de Gobernación (CNN, SEGOB, 2013).

Con la entrada de esta reforma y la aprobación de las leyes secundarias en materia energética se cambia la política de energéticos del país de los últimos 75 años, desde la expropiación petrolera por el entonces presidente Lázaro Cárdenas (1934-1940).

Las Secretarías de Hacienda y Crédito Público y de Energía publicaron el día 12 de agosto de 2014 en el Diario Oficial de la Federación los decretos de las nuevas leyes y las modificaciones con las cuales se reglamenta la reforma constitucional en materia energética las cuales son:

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público emitió los siguientes decretos:

- 1) Por el que se expide la Ley de Ingresos sobre Hidrocarburos.
- 2) Se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal de Derechos y de la Ley de Coordinación Fiscal.
- 3) Se expide la Ley del Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo.
- 4) Por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad.
- 5) Hacendaria y de la Ley General de Deuda Pública.

La Secretaría de Energía publicó:

- 1) Decreto por el que se expiden la Ley de la Industria Eléctrica, la Ley de Energía Geotérmica.
- 2) Se adicionan y reforman diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales.
- 3) Decreto por el que se expide la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética.
- 4) Se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Se expide la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos.

En la segunda sección del Diario Oficial, la Secretaría de Energía emitió los siguientes decretos:

- 1) Por el que se expide la Ley de Hidrocarburos.
- 2) Se reforman diversas disposiciones de la Ley de Inversión Extranjera; Ley Minera, y Ley de Asociaciones Público Privadas.
- 3) Por el que se expiden la Ley de Petróleos Mexicanos.
- 4) La Ley de la Comisión Federal de Electricidad.
- 5) Se reforman y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal de las Entidades Paraestatales; la Ley de Adquisiciones.

Simplificando estos nuevos lineamientos se debe entender que indican cómo serán los procedimientos de explotación de recursos energéticos en el país pero ahora con la participación de inversionistas privados. ¿Por qué es importante mencionar estos cambios políticos en lo que se refiere a la explotación de los recursos energéticos de México con la participación de capital privado? La respuesta es que con estas reformas y entendiendo que los costos para producir energía eléctrica en México ya no solo serán

absorbidos por el Estado sino que ahora también puede apoyarse por inversiones privadas, resulta un momento muy conveniente para aprovechar estos nuevos recursos económicos así como las condiciones geofísicas de México.

Realizar, ampliar y promover nuevos proyectos que estén enfocados a la inversión de centrales eléctricas en donde la materia prima, su fuente de energía sean las energías limpias, en este caso la energía geotérmica son muy viables ya que de esta forma se fomentará que cada vez se dependa menos de los combustibles fósiles para la generación de electricidad y enfocar los recursos energéticos fósiles obtenidos de los nuevos procesos de explotación los cuales se incrementarán comprendiendo que la inversión privada traerá consigo nuevas tecnologías que permitan explotar y aprovechar mejor las hidrocarburos extraídos de los pozos, donde no solo será el aceite extraído, es decir el petróleo crudo el que se aproveche, sino también aquellos otros recurso como el gas natural.



Imagen 4.7 Complejo petrolero Cantarell.

Es importante tener en cuenta que una reforma energética como esta era necesaria en el país, sin entrar a fondo en las razones que propiciaron que esta empresa del Estado, y de la cual se mantienen prácticamente las finanzas del país, no supiera llevar a cabo una administración adecuada al grado de verse en la necesidad de requerir apoyo privado para continuar operando en condiciones óptimas y rentables, en la Imagen 4.7 se observa una toma área de Cantarell que llegó a ser el complejo petrolero más productivo del país pero que ahora ha dejado de serlo es por eso que México debe aprovechar esta oportunidad para dejar de depender de los recursos fósiles ya que hasta ahora no han encontrado otra manera de generar los recursos económicos que desarrollen al país y lo ubiquen en un lugar importante en el contexto mundial.

4.1.4 Propuesta comparativa.

Considerando la información recabada se conocen los tipos de dispositivos que requieren tanto una central termoeléctrica operada con combustibles fósiles como una central geotérmica, los costos que implica la infraestructura de un proyecto en cada una de estas, las condiciones geográficas y geofísicas, las ventajas y desventajas que cada una tiene en el impacto ambiental así como los costos en el consumo de combustible requerido para operar la central eléctrica, haciendo uso de esta información se puede afirmar que la inversión en un proyecto de una central geotérmica es mucho más rentable que invertir en un proyecto de una central termoeléctrica operada con combustibles fósiles.

Los aspectos más importantes a considerar son lo siguiente:

- 1) Es necesario terminar o minimizar la dependencia de los hidrocarburos en la generación de energía eléctrica.

- 2) Los costos de inicio son más elevados para la creación de una central geotérmica, sin embargo a largo plazo es un proyecto más rentable en varios aspectos importantes como son el ahorro de capital al no ser necesario consumir combustibles fósiles y los impactos ambientales ya que son menores los generados por una central geotérmica que los generados por una central termoeléctrica operada con combustibles fósiles.
- 3) Las condiciones geográficas y geofísicas de México permiten la realización de proyectos geotérmicos.
- 4) Con la reforma energética se puede propiciar la inversión en proyectos en donde el combustible de operaciones provenga de alguna fuente renovable, en este caso la geotermia.

México está en un momento de su historia en el que puede y debe apostar en proyectos que garanticen un verdadero crecimiento sostenido en el sector energético, cuenta con los recursos naturales necesarios para llevar a cabo estos proyectos y la reforma energética le dará acceso a recursos económicos para poder llevarlos a cabo.

Es por esto que la propuesta que este trabajo plantea es la realización de proyectos energéticos en donde el combustible de operación provenga de las energías renovables ya que esto sin duda propiciará un amplio beneficio no solo en el sector energético, también traerá beneficios tanto a la sociedad como al sector profesional que se vea involucrado en estos proyectos.

CONCLUSIONES

Este trabajo se enfocó en comprender la diferencia que existe entre una central geotérmica y una central termoeléctrica en donde se requiera para sus procesos de generación el uso de hidrocarburos ya sea gas natural, diesel, combustóleo o cualquier otro no renovable. Se entendió como ha sido la evolución de la electricidad en la historia del hombre, en la historia de México y como es que se han buscado nuevas maneras de generar esta energía sin continuar haciendo uso de combustibles fósiles por dos razones muy simples, cada día se agotan más las reservas mundiales del petróleo y, por ende, cada vez es más difícil extraer este recurso y la importancia de no continuar destruyendo el planeta haciendo uso de procesos que no solo sean enfocados a resolver el abasto de electricidad sino que también estén comprometidos con hacerlo de la manera más limpia y amigable con nuestro planeta.

México ha sido forzado a aprovechar nuevas fuentes de energía por diversas razones, ejemplo de esto es el complejo Cantarell ubicado en la Sonda de Campeche a 82 Km de Ciudad del Carmen, Campeche el cual durante un tiempo llegó a producir 2.2 millones de barriles diarios y que ahora únicamente produce 850 mil barriles diarios, según informes de Pemex en 2013.

El declive de Cantarell marcó para México el fin de una era de acceso fácil y económico al petróleo, obligándolo a la apertura de la inversión privada en los nuevos proyectos de explotación en aguas profundas, esto debido a que no se cuenta con la tecnología ni los recursos para invertir en los equipos necesarios para explotar estos yacimientos.

La reforma energética marca un punto clave en este cambio que requiere hacer México, entendiendo esto el Estado también hizo reformas en materia hacendaria implementando

políticas fiscales recaudatorias con la finalidad de tener un soporte económico si estas reformas energéticas no son aprovechadas por la sociedad de México como ya se ha mencionado, no solo para generar energía eléctrica más limpia sino para dejar de depender de los hidrocarburos.

Es por esto que como conclusión se propone iniciar a la brevedad planes y programas de inversión en proyectos de centrales eléctricas que operen con tecnología geotérmica ya que resulta más rentable que una central termoeléctrica que requiera de combustibles fósiles para operar además de que es un campo que México debe aprovechar pues tiene las condiciones geofísicas para hacerlo.

Finalmente, México tiene ingenieros, investigadores y científicos con un gran potencial intelectual, pero no ha sido explotado de la manera adecuada, lo cual ha generado la necesidad de importar profesionales de otros países para hacer los proyectos de gran envergadura. Es un momento crucial en la vida de la nación, se deben retomar los puestos estratégicos que nos permitan ese desarrollo del potencial intelectual y por lo tanto del progreso del país, el resultado se verá a mediano y largo plazo y está en cada mexicano garantizar que sea un excelente resultado.

ÍNDICE DE IMÁGENES:

Capítulo 1

1.1 Flujo de corriente eléctrica.

1.2 Generación, transporte y distribución de la energía eléctrica.

1.3 Flujo de distribución eléctrica.

Capítulo 2

2.1 Proceso de una central eléctrica de ciclo combinado.

2.2 Contaminación por centrales eléctricas.

Capítulo 3

3.1 Estructura de la Tierra.

3.2 Turbina de vapor a escala.

3.3 Turbina de vapor y sus componentes.

3.4 Diagrama ciclo Rankine Presión-Vapor.

3.5 Etapas de la eficiencia y procesos del ciclo Rankine.

3.6 Generador eléctrico.

3.7 Corriente Alterna.

3.8 Temperaturas de la corteza terrestre.

3.9 Procesos de generación de una central geotérmica.

3.10 Central geotérmica Cerro Prieto, Mexicali, Baja California.

3.11 Contaminación ocasionada por centrales geotérmicas.

Capítulo 4

- 4.1 Campo geotérmico.
- 4.2 Energías renovables.
- 4.3 Diferentes fuentes de energías limpias.
- 4.4 Acciona empresa dedicada a la industria de energías renovables.
- 4.5 Cuidado del planeta.
- 4.6 Equilibrio entre industria y cuidado del planeta.
- 4.7 Complejo petrolero Cantarell.

ÍNDICE DE TABLAS:

Capítulo 1

- 1.1 Masa y carga de partículas subatómicas.
- 1.2 Capacidad efectiva de generación en los últimos cinco años.
- 1.3 Tecnologías usadas en la generación de energía eléctrica en México.
- 1.4 Comportamiento porcentual de la capacidad de generación.
- 1.5 Comportamiento en Gigawatts-hora de los últimos cinco años.
- 1.6 Consumo de combustible de los últimos cinco años.
- 1.7 Incremento del consumo de combustible durante los últimos cinco años.
- 1.8 Consumo de combustible últimos cinco años.
- 1.9 Ingreso por sector en los últimos cinco años.
- 1.10 Incremento del ingreso por sector.
- 1.11 Precio de energía por sector.

1.12 Centrales eléctricas en México.

1.13 Productores externos.

1.14 Proyectos de generación en construcción.

Capítulo 2

2.1 Centrales eléctricas administradas por CFE.

2.2 Centrales eléctricas administradas por la industria privada.

2.3 Generadores en operación termoeléctrica Petacalco.

Capítulo 3

3.1 Datos centrales Cerro Prieto, B.C.

3.2 Datos estaciones central Cerro Prieto, B.C.

BIBLIOGRAFÍA.

Edimar. *Enciclopedia interactiva del estudiante*, España. Credimar. Volumen 2. (s/f)

Orear, Jay. *Física fundamental*. Segunda edición. México. Limusa-Wiley. 1967.

Mataix, Claudio. *Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas*. Segunda edición. México. Alfaomega. 1972.

Barrón Vera, Raúl. *Apuntes de electricidad*, Documento de Trabajo N° 7. México. División de Ciencias Físico-Matemáticas y de las Ingenierías de la FES Aragón, 2008.

Sabugal García, Santiago; Gómez Moñux Florentino. *Centrales térmicas de ciclo combinado*. Teoría y proyecto. Primera edición, España. Díaz de Santos. 2006.

Fuentes electrónicas:

http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/44/htm/sec_3.html

http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=bUcySneaMgM

http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx

<http://www.sener.gob.mx>

<http://www.natureduca.com/blog/?p=186>

<http://www.librosvivos.smtc/homeTC.asp?TemaClave=1124.net/>

<http://www.natureduca.com/blog/%C2%BFcomo-funciona-una-central-geotermica/>

<http://geotermicapilosur.com/como-funciona-la-energia-geotermica>

<http://energium.es/%C2%BFque-es-y-como-funciona-la-energia-geotermica/>

<http://www.explorandomexico.com.mx/about-mexico/6/247/>

http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/viii.-las-centrales-termicas-convencionales

<http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/capitulo7.html>

http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/058/htm/sec_8.htm

http://www.geotermia.org.mx/geotermia/?page_id=688

<http://www.geotermia.org.mx/geotermia/pdf/camp>

<http://piensageotermia.com/archives/21852>

<http://www.conabio.gob.mx/web/medios/index.php/noticias-2014/316-nuestros-mares-mexicanos>

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014

<http://mexico.cnn.com/nacional/2013/12/20/pena-nieto-promulga-reforma-energetica-y-abre-el-sector-a-capital-privado>

http://www.renovables hoy.com/energias_renovables/geotermica/plantageotermica_cerro_pori.html

<http://www.cnnexpansion.com/economia/2013/12/21/el-decreto-sobre-energia-entra-en-vigor> (Citado el 21 de Diciembre de 2013).

<http://www.excelsior.com.mx/nacional/2014/08/11/975659> (Citado el 11 de Agosto de 2014).