



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

=COSTOS DE OPORTUNIDAD DE DIFERENTES FORMAS DE ENERGÍA=

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA DE SISTEMAS

PRESENTA:

ING. PIÑA CHAVEZ GUSTAVO ANTONIO

DIRECTORES DE TESIS:

DR. FRANCISCO JAVIER ACEVES HERNÁNDEZ

M.C. FABIÁN VÁZQUEZ RAMÍREZ



CIUDAD DE MÉXICO, MAYO DEL 2017

AGRADECIMIENTOS.

A mi madre:

Por ser el pilar de mi vida.

Quien me ha inculcado el hábito de la perseverancia.

Y a través de su apoyo incondicional en la vida ha impulsado esta travesía.

A mis hermanos:

Por la confianza y unión que siempre hemos tenido.

Y brindarme su apoyo que ha sido esencial en mi vida.

A mi esposa:

Por compartir su vida a mi lado.

Quien le ha dado un enfoque distinto a mi vida.

A la Sepi Esime Zacatenco:

Por darme la oportunidad de obtener un grado más en mis estudios.

Y hacer de esta estancia una experiencia inolvidable.

RESUMEN

La quema de combustibles fósiles ha sido históricamente la mayor fuente de energía para sectores como el industrial, agrícola y el energético; en este último sector, la demanda eléctrica a nivel mundial va en aumento, debido a que el consumo de energía eléctrica es indispensable para el desarrollo económico y social de cada país.

Nuestro país no es ajeno al problema de la demanda eléctrica, que es cubierta mediante la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables y no renovables. Del uso de estas fuentes derivan el impacto ambiental, social y económico, que se analizan en este trabajo de tesis mediante aplicación de un modelo sistémico, el cual emplea el desarrollo sustentable y la metodología FODA, para determinar posibles soluciones que ayuden a considerar el costo de oportunidad de las energías renovables al momento de generar energía eléctrica y reducir la dependencia de fuentes no renovables para satisfacer la demanda eléctrica en México.

El modelo muestra los beneficios del costo de oportunidad de las energías renovables como la solar y eólica en los tres pilares de la sustentabilidad (social, económico y ambiental), con las cuales se pueden reemplazar fuentes de energía no renovable como la nuclear, debido a que estas fuentes se encuentran de manera limitada en el planeta y tienden a extinguirse.

ABSTRACT

The burning of fossil fuels has historically been the major source of energy for sectors such as industry, agricultural and energy; in the latter sector, global electricity demand is increasing, because the consumption of electric energy is indispensable for the economic and social development of each country.

Our country is no stranger to the problem of electricity demand, which is covered by the generation of electric energy through renewable and non-renewable sources. The use of these sources derive the environmental, social and economic impact, which are analyzed in this thesis work by applying a systemic model, which uses sustainable development and SWOT methodology, to determine possible solutions that help to consider the cost Of opportunity of the renewable energies when generating electrical energy and reduce the dependence of nonrenewable sources to satisfy the electricity demand in Mexico.

The model shows the benefits of the opportunity cost of renewable energies such as solar and wind in the three pillars of sustainability (social, economic and environmental), which can replace non-renewable sources of energy such as nuclear energy, due to That these sources are limited in the planet and tend to extinct.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	I
LISTA DE TABLAS.....	IV
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	V
CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.-PROBLEMÁTICA.....	1
1.2.-JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3.-HIPÓTESIS.....	3
1.4.-OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4.1.-OBJETIVOS PARTICULARES.....	4
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO.....	5
2.1.-MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	5
2.1-1.TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS.....	5
2.1.2-TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA.....	10
2.1.2.1.- CONCEPTO DE ENERGÍA.....	11
2.1.2.2.-FUENTES DE ENERGÍA.....	12
2.1.2.3.-ENERGÍAS NO RENOVABLES.....	12
2.1.2.4 ENERGÍAS RENOVABLES.....	13
2.1.2.5 -GENERADOR ELÉCTRICO.....	14
2.1.2.6. PLANTA O CENTRAL ELÉCTRICA.....	14
2.1.2.7.-DEMANDA ELÉCTRICA.....	14
2.1.3.-DESARROLLO SUSTENTABLE.....	15
2.1.4 COSTO.....	15
2.1.4.1.- COSTO NIVELADO DE ENERGÍA LCOE (LEVELIZED COST OF ENERGY)	16
2.1.4.2-COSTOS DE OPORTUNIDAD.....	17
2.2.-MARCO METODOLÓGICO.....	17
2.2.1.-MÉTODO RESEAB (DE FRANCISCO J. ACEVES).....	17
2.2.2.-ANÁLISIS FODA.....	19
CAPITULO 3 MARCO CONTEXTUAL.....	21

3.1 DEMANDA MUNDIAL ESPERADA DE ELECTRICIDAD.....	21
3.1.1CAPACIDAD NETA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA MUNDIAL	22
3.1.2 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN AMÉRICA DEL NORTE	23
3.2.-MEXICO Y LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA	24
3.2.1.-MÉXICO Y LA ENERGÍA EN EL FUTURO	28
3.2.-CAMBIO CLIMATICO	33
3.2.1.-PAISES QUE EMITEN MAYOR CANTIDAD DE CO2	34
3.3.-LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y LA EMISIÓN DE CO2	35
3.4 GENERACION ELECTRICA CON ENERGIAS NO RENOVABLES.....	37
3.4.1 COMBUSTIBLES FOSILES.....	37
3.4.1 CENTRALES TERMOELECTRICAS,.....	37
3.4.3 IMPACTOS DE LAS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS.....	38
3.4.4.-RESERVAS DE COMBUSTIBLES FOSILES.....	41
3.4.5.-CENTRAL NUCLEAR	46
3.4.6.-IMPACTOS DE LA ENERGÍA NUCLEAR	46
3.4.7.- PRODUCCIÓN Y RESERVAS DE URANIO	52
3.5.-ENERGIA RENOVABLE.....	54
3.5.1 BIOMASA	55
3.5.2 IMPACTOS DE LA ENERGÍA BIOMASA	55
3.5.3 CENTRAL HIDROELÉCTRICA.....	57
3.5.4 IMPACTOS DE LA HIDROELECTRICIDAD	57
3.5.5 CENTRAL GEOTÉRMICA	58
3.5.6 IMPACTOS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA.....	59
3.5.7 CENTRAL EÓLICA.....	60
3.5.8 IMPACTOS DE LA ENERGÍA EOLICA.....	61
3.5.9.- ENERGÍA SOLAR.....	62
3.5.10 IMPACTOS DE LA ENERGÍA SOLAR	62
3.6 POTENCIAL DE LAS ENERGIAS RENOVABLES EN MÉXICO.....	65
3.7 COSTOS DE GENERACIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍA	66
3.7.1.-COSTO GENERACIÓN DE LAS CENTRALES TERMOELECTRICAS Y NUCLEOELECTRICAS.....	66
3.7.2 COSTO NIVELADO DE GENERACIÓN DE LAS CENTRALES DE ENERGÍA RENOVABLES	67
3.6.3-COSTOS DE LAS FUENTES DE ENERGÍA EN EL FUTURO	69

3.7.-VIDA ÚTIL DE LA TECNOLOGÍA PARA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA.....	70
CAPÍTULO 4 DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN DEL MODELO SISTÉMICO	72
4.1.-DESCRIPCIÓN	72
4.1.1 DIAGNOSTICAR E IDENTIFICAR LOS ASPECTOS SOCIALES ECONÓMICOS Y AMBIENTALES.....	73
4.1.2.-ESTIMAR LOS ASPECTOS SOCIALES ECONÓMICOS Y AMBIENTALES A TRAVÉS LA METODOLOGÍA FODA PARA OBTENER POSIBLES SOLUCIONES	73
4.1.3.-IMPLEMENTACIÓN.....	74
4.1.4.-EVALUACIÓN	74
4.2.-APLICACIÓN DEL MODELO PROPUESTO.....	74
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	112
5.1 CONCLUSIONES	112
5.2.-RECOMENDACIONES.....	113
REFERENCIAS	114
ANEXO.....	119
A TIPOS DE CENTRALES TERMOLÉCTRICAS.....	119
B.-CENTRAL NUCLEOELÉCTRICA	124
C.-CENTRAL BIOMASA	126
D.-CENTRAL HIDROELÉCTRICA.....	128
E.-CENTRAL GEOTÉRMICA	129
F.-CENTRAL EOLICA	130
G.-CENTRAL FOTOVOLTAICA	132
H.-CENTRAL SOLAR TÉRMICA	134
I.-LCOE CALCULADOS CON LA TEORÍA DE MÍNIMOS CUADRADOS.....	136
J.- CÁLCULOS DE LAS OPCIONES DE IMPLEMENTACIÓN	138
K.-AHORRO DE ENERGÍA Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA.....	143

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1.1.- Demanda eléctrica a nivel mundial año 2000-2030

Figura 1.2.- Generación eléctrica en México año 2013-2029

Figura 2.1. Diagrama conceptual de un sistema y algunas partes, propiedades y características.

Figura 2.2.- Conversiones Desde Una Variedad De Formas De Fuente De Energía.

Figura 2.3 .Fuentes de energía

Figura 2.4. Los tres pilares del desarrollo sustentable

Figura 2.5. Cálculo del LCOE

Figura 2.7. Esquema del método RESEAB

Figura 2.8.-Matriz FODA

Figura 3.1.-Demanda de electricidad por región del mundo.

Figura 3.2.-Capacidad instalada mundial por fuente de energía.

Figura 3.3.-Generación de electricidad por fuente de energía para América del Norte.

Figura 3.4. Capacidad instalada del SEN por modalidad (MW, porcentaje).

Figura 3.5.-participacion de tecnologías en la capacidad de generación 2014

Figura 3.6.-Generación bruta por modalidad.

Figura 3.7.-Participación de tecnologías en la generación de electricidad 2014.

Figura 3.8.- Fuentes empleadas en el SEN en 2014.

Figura 3.9.-Crecimiento anual esperado de demanda máxima 2015-2029 del SEN.

Figura 3.10.-Crecimiento anual esperado del consumo 2015-2029 del SEN.

Figura 3.11.-Crecimiento anual de la demanda máxima por área 2015-2029 del SEN.

Figura 3.12.-Participacion adicional de generación por tipo de tecnología 2015-2029.

Figura 3.13.-Capacidad instalada por fuente de energía 2029.

Figura 3.14: Generación por tecnología 2029.

Figura 3.15.-Total de reservas probadas de petróleo por región 2014.

Figura 3.16.-Ranking países con reservas de petróleo 2014.

Figura 3.17.-Producción mundial de petróleo, principales países.

Figura 3.18.-Reservas probadas de gas natural, principales países 2015.

Figura 3.19.-Producción de gas natural, principales países 2014.

Figura 3.20.-Producción y consumo carbón nacional.

Figura 3.21.- Producción de uranio por país.

Figura 3.22.-Reservas mundiales de uranio.

Figura 3.23.-Generación actual y potencial de generación con energías renovables.

Figura 3.24.-Costos típicos de instalación de energías renovables (USD 2010/kW).

Figura 3.25.-Costos nivelados de energía generada típicos a partir de fuentes renovables (USD 2010/KWH)

Figura 4.1.-Modelo sistémico para determinar el costo de oportunidad.

Figura 4.2.- Demanda eléctrica a nivel mundial 2013-2040*

Figura 4.3.-Costo nivelado de generación de las fuentes no renovables 2014-2030*

Figura 4.4.-Costo nivelado de generación de las fuentes renovables 2014-2030

Figura 4.5.- Evaluación de FODA para a energía nuclear, eólica y solar

Figura 4.6.-Opciones de implementación

Figura 4.7.-Costo nivelado de generación (LCOE), empleando energía nuclear (4.1%) y energía eólica (4.1%) para la propuesta se la SENER 2029

Figura 4.8.-Emisiones de CO₂, empleando energía nuclear (4.1%) y energía eólica (4.1%) para la propuesta se la SENER 2029

Figura 4.9.-Costo nivelado de generación (LCOE) empleando energía nuclear (4.1%) y energía solar (4.1%) para la propuesta se la SENER 2029

Figura 4.10.-Emisiones de CO₂, empleando energía nuclear (4.1%) y energía solar (4.1%) para la propuesta se la SENER 2029.

Figura 4.11. Costo nivelado de generación (LCOE) empleando energía nuclear (4.1%), energía eólica (2.05%) y energía solar (2.05%) para la propuesta se la SENER 2029.

Figura 4.12. Emisiones de CO₂ empleando energía nuclear (4.1%), energía eólica (2.05%) y energía solar (2.05%) para la propuesta se la SENER 2029.

Figura 4.13.-Evaluación de las implementaciones.

Figura I.1. Calculo del LCOE de la energía nuclear en 2030.

Figura I.2. Calculo del LCOE del combustóleo en 2030.

Figura A.1. Central térmica convencional de carbón

Figura A.2. Central térmica ciclo combinado

Figura A.3. Central térmica turbogas

Figura A.4. Central térmica combustión interna.

Figura B.1.-Central nuclear

Figura C.1.-Central biomasa

Figura D.1.-Central hidroeléctrica

Figura E.1.-Central geotérmica

Figura F.1.-Central eólica

Figura G.1.-Central fotovoltaica

Figura H.1.-Central solar térmica

Figura K.1. Figura K.1. Acciones de ahorro y uso eficiente de la energía

LISTA DE TABLAS.

Tabla 3.1.-Los 10 países con mayor emisión de CO₂.

Tabla 3.2.-Emisiones de CO₂ por fuente de energía.

Tabla 3.3.- Costo nivelado de generación (LCOE) los combustibles fósiles

Tabla 3.4.-Costo nivelado de generación (LCOE) de las fuentes renovables 2014.

Tabla 3.5.- Costo nivelado de generación (LCOE) para las fuentes renovables 2030.

Tabla 3.6.- Costos de generación (LCOE) para las energías no renovables 2030.

Tabla 4.1.-Tabla comparativo del pilar sostenibilidad ambiental

Tabla 4.2.-Tabla comparativa del pilar de sostenibilidad social.

Tabla 4.3.- Integración de los tres pilares del desarrollo sustentable

Tabla 4.4.-Desarrollo de FODA para a energía nuclear.

Tabla 4.5.-Desarrollo de FODA para a energía solar.

Tabla 4.6.-Desarrollo de FODA para a energía eólica.

Tabla 4.7.- Escala para evaluar el FODA en base a términos del método sustentable.

Tabla 4.8.-Evaluación de FODA para a energía nuclear, eólica y solar

Tabla 4.9.-Pilar social de la propuesta A (4.1% energía eólica)

Tabla.4.10-Pilar social de la propuesta B (4.1% energía solar)

Tabla 4.11.-Pilar social de la propuesta C (2.05% energía eólica y 2.05% energía nuclear)

Tabla J1. Cálculos propuesta de energía nuclear de la SENER.

Tabla J2. Cálculos propuesta A

Tabla J3. Cálculos propuesta B

Tabla J.4. Cálculos de la propuesta C

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Biomasa: incluye desechos sólidos municipales, desechos de productos de la madera y de la industria alimentaria, residuos de la explotación maderera y de plantaciones de energía

Cambio Climático: cambio de los patrones locales o globales del clima, las causas pueden ser naturales: variaciones en la energía que se recibe del Sol, erupciones volcánicas, circulación oceánica, procesos biológicos y otros, o puede ser causada por influencia antrópica.

CO: Monóxido de carbono.

CO₂: Dióxido de carbono.

Costo de oportunidad: Es el valor de la alternativa o la mejor alternativa no elegida.

Costo nivelado de generación de energía: refleja todos los costos incluyendo capital inicial, rendimientos, operación continua, combustible, mantenimiento, así como el tiempo para construir la planta y el horizonte de vida de la misma.

Energías no renovables: son aquellas que se encuentran de forma limitada en el planeta y cuya velocidad de consumo es mayor que la de su regeneración

Energías renovables: todas aquellas energías derivadas de un proceso natural, las cuales son renovadas en una escala de tiempo humana.

Gray: (Gy) es una medida de la cantidad de radiación absorbida por el cuerpo de una persona

GWH: Gigawatt-Hora.

IPCC: De las siglas en inglés de Intergovernmental Panel on Climate Change.

MWH: Megawatt-Hora.

NO_x: Óxidos de nitrógeno.

NPS: De las siglas en inglés de New Policies Scenario.

Planta eléctrica: es un ensamble de sistemas o subsistemas para generar electricidad, es decir potencia eléctrica con economía y satisfaciendo ciertos requerimientos técnicos (eficiencia, disponibilidad, etc.) y de impacto ambiental

SEN: El Sistema Eléctrico Nacional (SEN) está conformado por el sector público y aquella energía no suministrada al servicio público –privados.

SENER: Secretaria de energía

SOx: óxidos de azufre.

TWH: Terawatt-Hora.

USD: dólar estadounidense

WEO: De las siglas en inglés The World Energy Outlook.

CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN

1.1.-PROBLEMÁTICA

La demanda eléctrica a nivel mundial va en aumento conforme el paso del tiempo, debido a que el consumo de energía es indispensable para el desarrollo económico y social de cada país; se pronostica que la demanda eléctrica a nivel mundial incrementara casi el 44% (**Figura 1.1**) para el periodo 2013-2030 (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015). Esta demanda se satisface a través de la generación eléctrica, la cual emplea en su mayoría fuentes no renovables, que además de encontrarse de manera limitada en el planeta, estas generan impactos considerables en los tres pilares de la sustentabilidad (ambiental, social y económico).

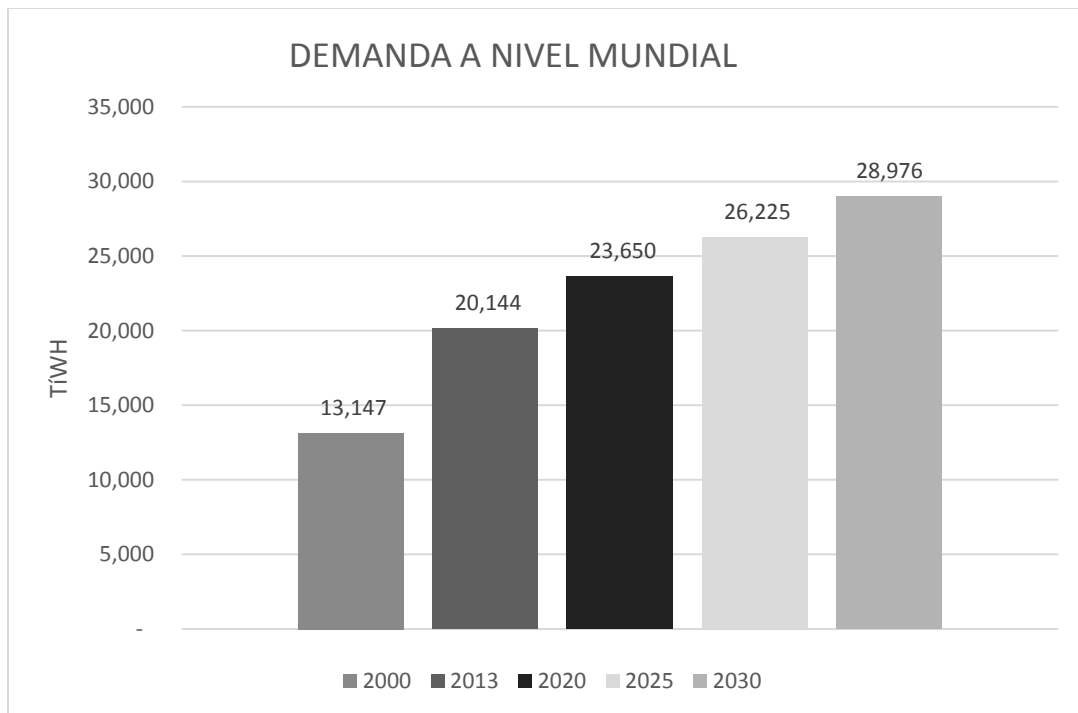


Figura 1.1.- Demanda eléctrica a nivel mundial año 2000-2030*

*Elaboración propia.

Un ejemplo de lo anterior es la quema excesiva de combustibles fósiles que provoca daño al medio ambiente como el efecto invernadero debió a la emisión de CO₂, este gas y otras sustancias derivadas de las fuente no renovales causan daños irreversibles en la salud de las personas, su uso desmedido provocara el agotamiento de estas fuentes de energía las cuales incrementar su precio debido a la escasen en el planeta.

En el 2014, en nuestro país más del 80 % de la generación eléctrica del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) fue hecha a través fuentes no renovables, se proyecta que para el 2029 la demanda eléctrica tenga un crecimiento anual medio del 4.0%, derivado de esto la generación eléctrica aumentara un 56% (**Figura 1.2**) pero el uso de las fuentes no renovables solo se reduzca alrededor del 65%. Siendo la energía nuclear una de las fuentes que aumente su capacidad de generación dejando a un lado fuentes de energía renovable que pueden representar un mayor costo de oportunidad en los tres pilares de las sustentabilidad. (SENER, Prospectiva de energías renovables 2015-2029, 2015).

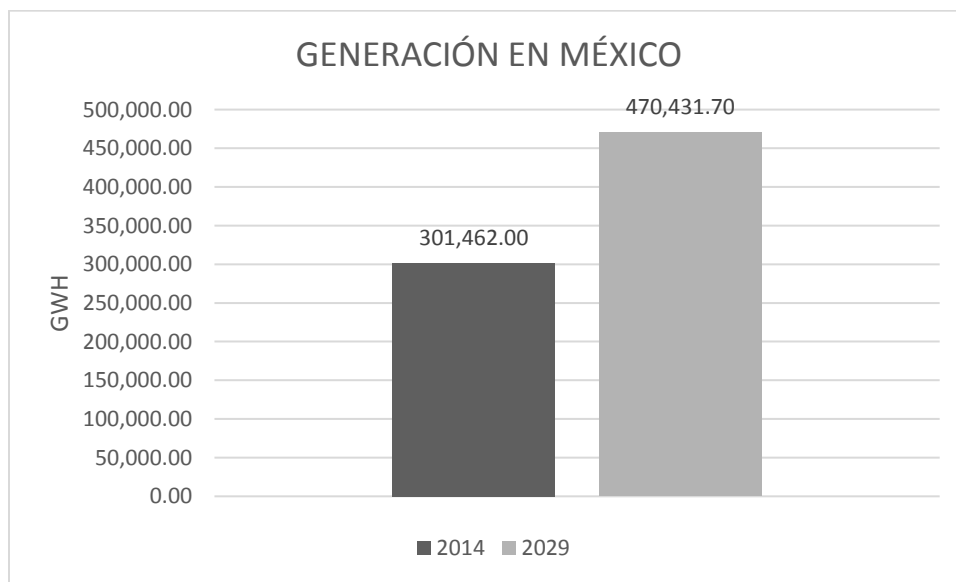


Figura 1.2.-Demanda eléctrica en México año 2013-2029*

*Elaboración propia.

Lo expuesto anteriormente, nos da una idea del problema que existe nuestro país con respecto a la demanda y la generación eléctrica en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) la cual conlleva a analizar las diversas fuentes de energía eléctrica que se emplean en la generación para satisfacer dicha la demanda con el mejor costo de oportunidad en los tres pilares de la sustentabilidad, tema del presente trabajo.

1.2.-JUSTIFICACIÓN

El empleo de energías no renovables en la generación de energía eléctrica produce efectos de magnitud considerable en el medio ambiente, social y económico. Por lo contrario la energía renovable produce efectos de menor magnitud en los tres pilares de la sustentabilidad, el uso de estas fuentes representa una buena opción para satisfacer la demanda eléctrica de nuestro país.

1.3.-HIPÓTESIS.

El costo de oportunidad de las energías renovable representa una mejor opción que el de las energías no renovables, en términos sustentables.

1.4.-OBJETIVO GENERAL

Realizar el análisis comparativo de diversas fuentes de energía a través de un modelo sistémico para establecer que en términos sustentables, el costo de oportunidad de las energías renovables es favorable en comparación con las no renovables.

1.4.1.-OBJETIVOS PARTICULARES.

- a) Elaborar el estado del arte de la problemática originada por la demanda y la generación eléctrica con las fuentes de energía.
- b) Desarrollar un modelo sistémico para evaluar los costos de oportunidad de las fuentes de energía.
- c) Aplicar la modelo sustentable y la metodología FODA para las fuentes de energía renovable y no renovable
- d) Realizar un análisis comparativo de los costos de oportunidad de las fuentes de energía.
- e) Comprobar que el costo de oportunidad de las energías renovables es favorable en comparación con el de las energías no renovables.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO

2.1.-MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1-1.TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

Aquella que surge en medio y por encima de las otras ciencias, como apoyo fundamental para el estudio de cualquier sistema, independientemente de su naturaleza u origen brindando a los investigadores herramientas metodológicas que orientadas de la mejor forma, ayudan a comprender el sistema y/o a establecer su sistema ideal. (Moreno , 2007)

ORÍGENES

Se encuentra estrechamente relacionada con el trabajo de Ludwig Von Bertalanffy, biólogo alemán, especialmente a partir de la presentación que hizo de la Teoría de los Sistemas Abiertos. Desde este punto de vista podríamos decir, entonces, que la idea de Teoría General de Sistemas nació allá por 1925, cuando Bertalanffy hizo públicas sus investigaciones sobre el sistema abierto. En 1945, al término de la Segunda Guerra Mundial, el concepto de Teoría General de Sistemas adquirió su derecho a vivir. A partir de entonces, este derecho se ha ido profundizando cada vez más, y hoy día se encuentra sólidamente asentado y así acogido por el mundo científico actual. (Moreno , 2007)

En la reunión anual de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia celebrada en 1954 cuajó el proyecto de una sociedad dedicada a la Teoría General de Sistemas; ésta se organizó para impulsar el desarrollo de sistemas teóricos aplicables a más de uno de los compartimientos tradicionales del conocimiento. Sus funciones principales fueron:

- Investigar los isomorfismos de conceptos, leyes y modelos en varios campos, y fomentar provechosas transferencias de un campo a otro.
- Estimular el desarrollo de modelos teóricos adecuados en los campos que carecen de ellos.
- Minimizar la repetición de esfuerzo teórico en diferentes campos.
- Promover la unidad de la ciencia mejorando la comunicación entre especialistas.

Esta aceptación fue apoyada por los trabajos que otros científicos realizaban y publicaban en esa época y que se relacionaban estrechamente con los sistemas. Entre otros están los estudios de Norman Wiener que dieron origen a la Cibernética, de Ashby sobre el mismo tema, el surgimiento de la Investigación de Operaciones y su exitosa aplicación al campo administrativo de los diferentes sistemas sociales, etc.

METAS DE LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

La teoría general de sistemas no busca solucionar problemas o intentar soluciones prácticas, pero sí producir teorías y formulaciones conceptuales que puedan crear condiciones de aplicación en la realidad empírica. Los supuestos básicos de la teoría general de sistemas son:

- Hay una tendencia general hacia la integración en las diversas ciencias, naturales y sociales.
- Tal integración parece girar en torno a una teoría general de sistemas.
- Tal teoría pudiera ser un recurso importante para buscar una teoría exacta en los campos no físicos de la ciencia.
- Al elaborar principios unificadores que corren verticalmente por el universo de las, esa teoría nos acerca a la meta de la unidad de la ciencia.

Esto puede conducir a una integración, que hace mucha falta, en la instrucción científica. La teoría general de los sistemas afirma que las propiedades de los sistemas no pueden ser descritas significativamente en términos de sus elementos separados. La comprensión de los sistemas solamente se presenta cuando se estudian los sistemas globalmente, involucrando todas las interdependencias de sus subsistemas. La T.G.S. Se fundamentan en tres premisas básicas, a saber:

LOS SISTEMAS EXISTEN DENTRO DE SISTEMAS.

Las moléculas existen dentro de células, las células dentro de tejidos, los tejidos dentro de los órganos, los órganos dentro de los organismos, los organismos dentro de colonias, las colonias dentro de culturas nutrientes, las culturas dentro de conjuntos mayores de culturas, y así sucesivamente. (Moreno , 2007)

LOS SISTEMAS SON ABIERTOS.

Es una consecuencia de la premisa anterior. Cada sistema que se examine, excepto el menor o mayor, recibe y descarga algo en los otros sistemas, generalmente en aquellos que le son contiguos. Los sistemas abiertos son caracterizados por un proceso de intercambio infinito con su ambiente, que son los otros sistemas. Cuando el intercambio cesa, el sistema se desintegra, esto es, pierde sus fuentes de energía. (Moreno , 2007)

LAS FUNCIONES DE UN SISTEMA DEPENDEN DE SU ESTRUCTURA.

Para los sistemas biológicos y mecánicos esta afirmación es intuitiva. Los tejidos musculares, por ejemplo, se contraen porque están constituidos por una estructura celular que permite contracciones. Las características y parámetros que se establecen para todos los sistemas, se constituyen en el área de interés. El concepto de sistema pasó a dominar las ciencias, y principalmente, la administración. Si se habla de astronomía, se piensa en el sistema solar; si el tema es fisiología, se piensa en el sistema nervioso, en el sistema circulatorio, en el sistema digestivo; La sociología habla de sistema social, la economía de sistemas monetarios, la física de sistemas atómicos, y así sucesivamente. El enfoque sistemático, hoy en día es tan común que casi siempre se está utilizando, a veces inconscientemente. (Moreno , 2007)

Para poder adéntranos un poco más en la TGS se debe definir el concepto de sistema así como la descripción de sus componentes y propiedades.

SISTEMA

Es un conjunto organizado de cosas o partes interactuantes e interdependientes, que se relacionan formando un todo unitario y complejo. (Quintero, 2016)

DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

Elemento: Parte integrante de un sistema o porción del mismo, que presenta características del sistema general, que se afecta y es afectado tanto por relaciones dinámicas que se presentan con otros elementos dentro del sistema, como por ambientes internos y externos. Muchas veces el elemento como tal es otro sistema que para el sistema mayor es considerado como un subsistema. Ejemplo de un elemento es la flor es el sistema de una planta. (Quintero, 2016)

Relaciones: son las interacciones o enlaces que se dan entre dos o más elementos, o entre un elemento y su entorno, bien ser interno o externo, un ejemplo podría ser los enlaces químicos. Existen diferentes tipos de relaciones. (Quintero, 2016)

Objetivos: Es el resultado o los resultados a donde se quieren llegar, es el fin último. Ellos condicionan y determinan el funcionamiento del sistema, así mismo permiten medir el comportamiento del sistema en su funcionalidad total, deben ser dinámicos y estar adaptándose a las condiciones que afectan al sistema. (Quintero, 2016)

Entradas: Todo lo que un sistema recibe o importa del exterior (Input), el sistema opera sobre ellas para ser transformadas en salidas, las entradas de un sistemas pueden ser las salidas de otro sistema que se encuentre en el mismo nivel y estos sistemas hacen parte de un sistema mayor. (Quintero, 2016)

Salidas: Son los resultados finales de las operaciones de los sistemas que salen al exterior de su medio ambiente, también se le conoce como Output. Estas pueden ser positiva o negativas. (Quintero, 2016)

Ambiente: también conocido como entorno, es el medio donde el sistema actúa y sobrevive, este rodea al sistema, lo caracteriza y condiciona debido a sus constantes interacciones. (Quintero, 2016)

Totalidad: Comprende todos los aspectos relacionados con el sistema, es decir el conjunto de todos sus componentes. (Quintero, 2016)

PROPIEDADES

Sinergia: (Syn= con; ergos = trabajo). Existe sinergia cuando la suma de sus partes es diferente del todo, es decir la totalidad del sistema es más que sumar sus parte de forma individual, de tal manera que estudiar una parte des sistema no permite predecir el comportamiento de la totalidad. Esto se presenta debido a las relaciones causales y dinámicas entre partes del sistema. (Quintero, 2016)

Entropía: (Entrope= transformación); esta propiedad está caracterizada por el proceso mediante el cual los sistemas tienden a degradarse y morir, se relaciona con la segunda ley de la termodinámica, que indican que los sistemas tienden a la desaparición por falta de nueva energía. El proceso de renovar las energías en un sistema se denomina Neguentropía. (Quintero, 2016)

Retroalimentación: También conocido retroacción o feedback, es la acción o mecanismo mediante la cual los sistemas verifican su funcionamiento al convertir su salida en una nueva entrada. Con ello se verifica si los objetivos se cumplen o si es necesario realizar ajustes positivos o negativos al sistema, dando un equilibrio al mismo. (Quintero, 2016)

Homeostasis: (homeos= semejante; stasis= situación), es la habilidad que tienen los sistemas de mantener estados estables ante situaciones cambiantes de su contexto, es un proceso mediante el cual el sistema está en continua adaptación ante estímulos positivos o negativos de su medio ambiente. (Quintero, 2016)

Recursividad: Cuando el conjunto de elementos que lo integran poseen características similares a la totalidad del sistema. (Quintero, 2016)

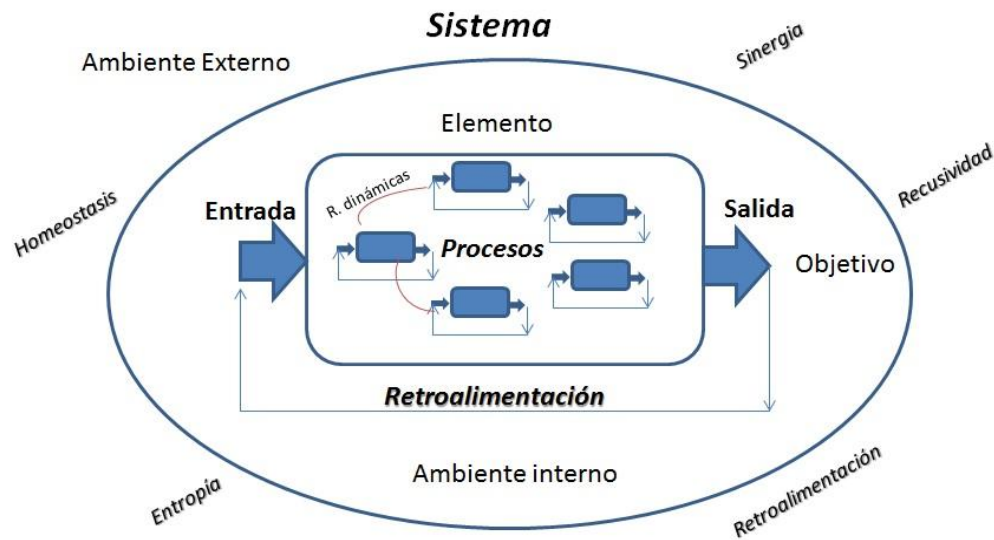


Figura 2.1. Diagrama conceptual de un sistema y algunas partes, propiedades y características.

FUENTE: (Quintero, 2016)

Esta teoría fue evolucionando con el paso de los años hasta adoptar el nombre de Sistémica Transdisciplinaria, El sistemista inglés Peter Checkland señaló hace más de 40 años que “lo que necesitamos no son grupos interdisciplinarios, sino conceptos transdisciplinarios, o sea conceptos que sirvan para unificar el conocimiento por ser aplicables en áreas que superan las trincheras que tradicionalmente delimitan las fronteras académicas” (Charles, 2015)

2.1.2-TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA

Descubrimiento de Oersted relacionó el campo magnético con las corrientes que lo crean. La ley de Faraday-Lenz muestra cómo una variación del campo magnético genera campo eléctrico. James C. Maxwell (1837-1879) intuyó que si un campo magnético variable en el tiempo lleva asociado un campo eléctrico inducido, un campo eléctrico variable debía inducir

un campo magnético. En una labor muy importante, sintetizó todas las leyes básicas de la electricidad y el magnetismo en cuatro ecuaciones, que se conocen bajo el nombre de ecuaciones de Maxwell y en 1873 publicó *Treatise on Electricity and Magnetism*, donde estableció su teoría electromagnética. (Demo e-educativa catedu, 2017)

Entre otras aportaciones de su teoría electromagnética, Maxwell señaló que la oscilación de una carga eléctrica crea un campo eléctrico variable y éste a su vez un campo magnético que varía al unísono. El campo electromagnético que se produce se radia al exterior, propagándose con velocidad constante. Este campo físico podemos desdoblarlo en dos vectores, \vec{E} y \vec{B} , perpendiculares entre si y a su vez perpendiculares a la dirección de propagación. Como Maxwell no confirmó experimentalmente su predicción teórica de la existencia de las ondas electromagnéticas, esta teoría no llamó mucho la atención de los científicos hasta que Heinrich Hertz comprobó en 1888 que realmente dichas ondas existen. (Demo e-educativa catedu, 2017)

2.1.2.1.- CONCEPTO DE ENERGÍA

En el campo de la física, se define la energía como una «propiedad» de los cuerpos o sistemas materiales en virtud de la cual estos pueden transformarse (así mismos), modificando su estado o situación, así como actuar sobre otros cuerpos, originando transformaciones en ellos.

La energía indica la capacidad de un cuerpo o sistema para producir transformaciones, con independencia de que éstas se produzcan o no.

La energía recibe multitud de nombres, entre los que destacan: energía potencial, energía térmica (vulgar y erróneamente denominada calorífica), energía mecánica (suma de energía cinética y potencial de un cuerpo), energía eléctrica, etc. (Carta González, 2009)

2.1.2.2.-FUENTES DE ENERGÍA

Existen distintas formas por medio de las cuales varios tipos de energía se pueden convertir en electricidad, como se muestra en la figura 2.2, las líneas oscuras representan las formas de producción a nivel mundial, y llevan la combustión, desde la energía química a la térmica y de esta a la mecánica y finalmente a eléctrica. (Harper Enriquez, 2009)

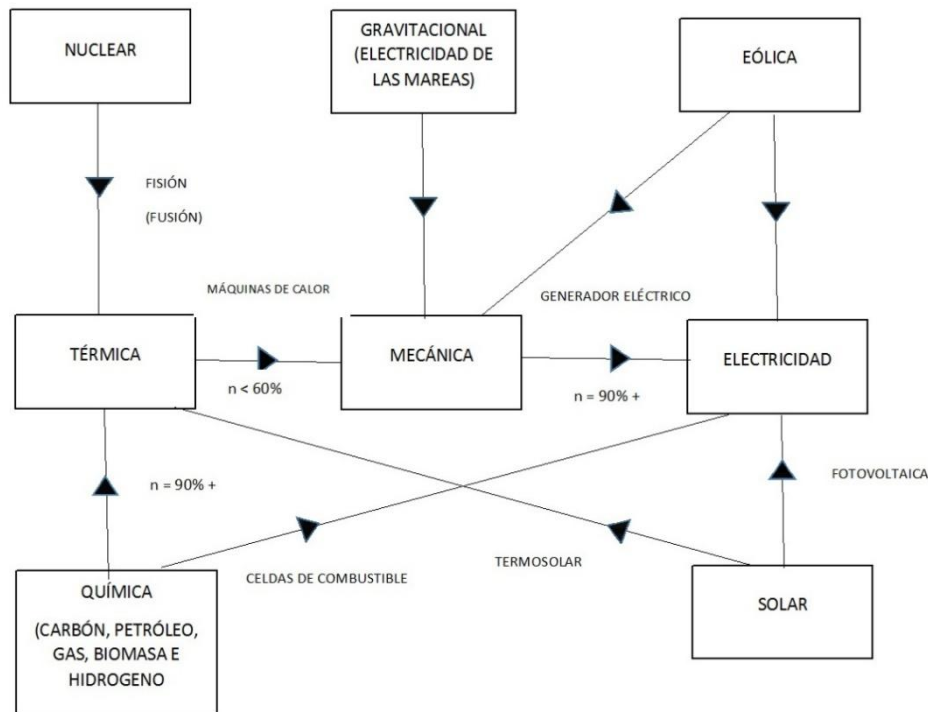


Figura 2.2.- Conversiones Desde Una Variedad De Formas De Fuente De Energía.
Fuente: (Harper Enriquez, 2009)

2.1.2.3.-ENERGÍAS NO RENOVABLES

Las Fuentes de energía no renovables son aquellas que se encuentran de forma limitada en el planeta y cuya velocidad de consumo es mayor que la de su regeneración.

Existen varias fuentes de energía no renovables, como son (figura 2.3):

- Los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) (Banco de México, 2017)

- La energía nuclear (fisión y fusión nuclear)

(Portal educativo conectando neuronas , 2016)

2.1.2.4 ENERGÍAS RENOVABLES

Son “todas aquellas energías derivadas de un proceso natural, las cuales son renovadas en una escala de tiempo humana”. Entre estas fuentes de energía están (figura 2.3): la hidráulica, la solar, la eólica, la geotérmica, la oceánica y la de biomasa, las cuales existen debido a la energía de la radiación solar, la atracción gravitacional de la luna, el sol y el calor interno de la Tierra. (SENER, Recursos renovables para la producción de electricidad en México., 2014)

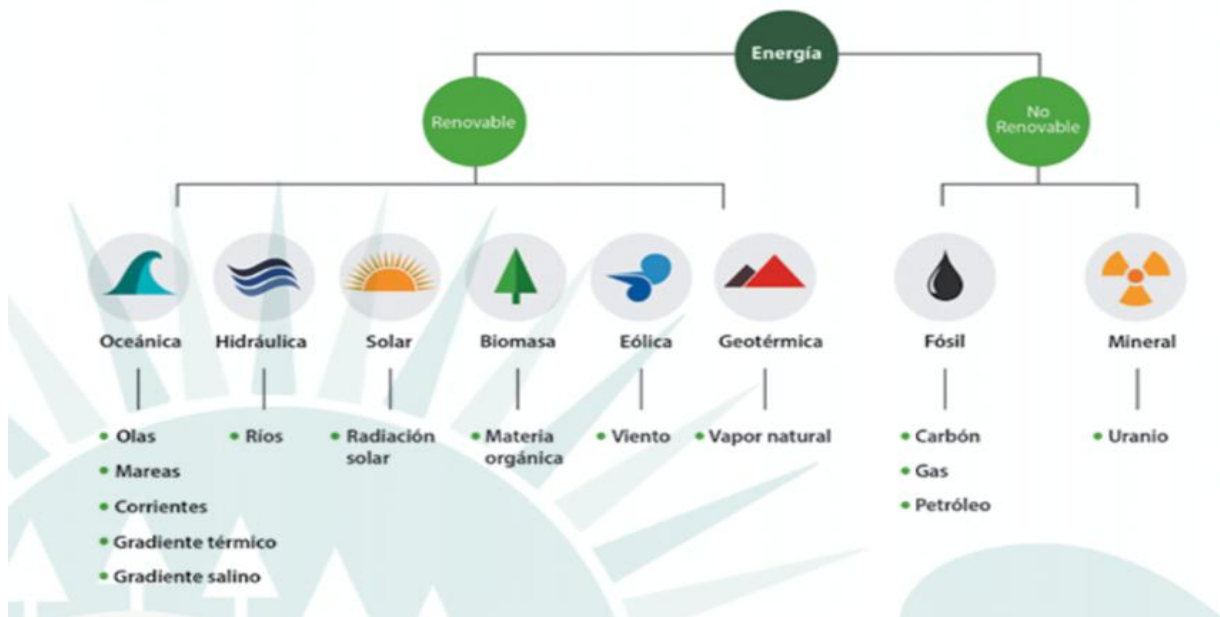


Figura 2.3 .Fuentes de energía

Fuente: (SENER, Recursos renovables para la producción de electricidad en México., 2014)

2.1.2.5 -GENERADOR ELÉCTRICO

Los generadores cambian la energía mecánica en energía eléctrica, los generadores y los motores son muy parecidos, de hecho, están contruidos de la misma forma general y, ambos, dependen de los mismos principios electromagnéticos para su operación. El primer principio se llama acción del generador y se le conoce también como de inducción. Este principio toma energía mecánica para producir movimiento, este produce electricidad por ser generada. (Harper Enríquez, 2004)

2.1.2.6. PLANTA O CENTRAL ELÉCTRICA

Una planta eléctrica es un ensamble de sistemas o subsistemas para generar electricidad, es decir potencia eléctrica con economía y satisfaciendo ciertos requerimientos técnicos (eficiencia, disponibilidad, etc.) y de impacto ambiental. Una planta generadora de electricidad o planta eléctrica debe ser útil económicamente y desde el punto de vista ambiental agradable con la sociedad. Una planta eléctrica se puede definir como una máquina, conjunto o ensamble de equipos que genera energía eléctrica. El equipo principal para la generación es el generador, el tipo de primer motor o elemento mecánico accionamiento del generador determinará el tipo de planta eléctrica. (Harper Enríquez, 2009)

2.1.2.7.-DEMANDA ELÉCTRICA

Es la potencia a la cual se debe suministrar la energía eléctrica requerida en un instante dado. El valor promedio dentro de cierto intervalo es igual a la energía requerida entre el número de unidades de tiempo del intervalo (MWH) (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

2.1.3.-DESARROLLO SUSTENTABLE

Se define el desarrollo sostenible como la satisfacción de «las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades».Consta de tres pilares, el desarrollo sostenible trata de lograr, de manera equilibrada, el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente. (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2017)

Plantea un crecimiento económico y social respetuoso con el medio ambiente. Se basa en un desarrollo económico que promueve iniciativas financieramente viables, eficientes en el uso de los recursos naturales, mejoran la calidad de vida de la sociedad, y contribuyen a disminuir los impactos ambientales de las actividades productivas, tales como la generación de energía eléctrica (Secretaría de Energía, 2015).En el siguiente esquema se muestran los tres pilares del desarrollo sustentable:

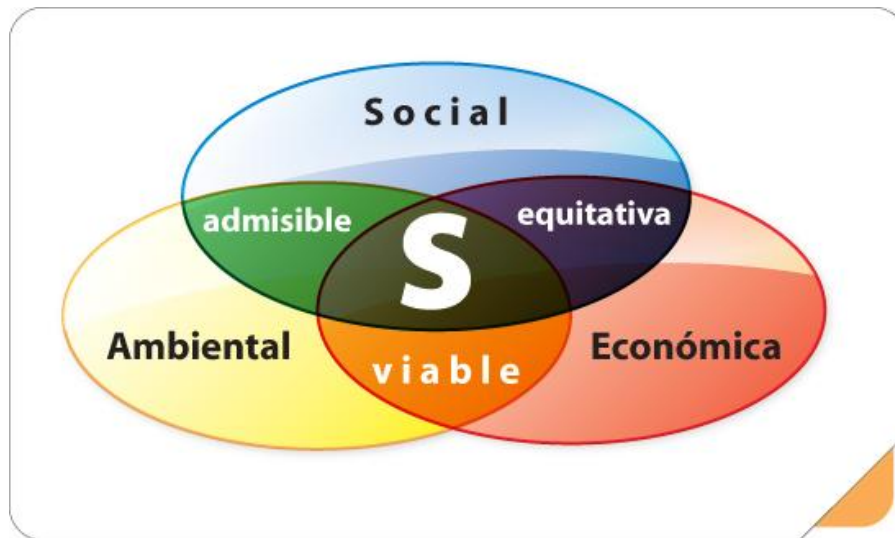


Figura 2.4. Los tres pilares del desarrollo sustentable
Fuente: (Lloret, 2010)

2.1.4 COSTO

Es la medida de lo que debe dar o sacrificar para obtener o producir algo. (Sepúlveda L., 1995)

2.1.4.1.- COSTO NIVELADO DE ENERGÍA LCOE (LEVELIZED COST OF ENERGY)

El Costo Nivelado de Electricidad (LCOE por sus siglas en inglés) de una tecnología dada es la relación entre los costos y la generación de electricidad a lo largo de la vida útil de la planta, los cuales son descontados a un año común usando una tasa de descuento que refleja el costo promedio del capital. (INECC, 2016)

El costo nivelado de generación de energía refleja todos los costos incluyendo capital inicial, rendimientos, operación continua, combustible, mantenimiento, así como el tiempo para construir la planta y el horizonte de vida de la misma. Para comparar la estructura de los costos de las diferentes tecnologías se estandarizaron los valores por dólar por unidad de producto (MWH). (INECC, 2016). La fórmula utilizada para el cálculo del LCOE es la siguiente:

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

Figura 2.5. Cálculo del LCOE

Fuente: (INECC, 2016)

Donde:

LCOE = Costo nivelado de electricidad

I_t = Costos de inversión en el año t

M_t = Costos de operación y mantenimiento en el año t

F_t = Costos de combustible en el año t

E_t = Generación de electricidad en el año t

r = Tasa de descuento

2.1.4.2-COSTOS DE OPORTUNIDAD

Se utiliza para enfatizar que la toma de decisiones sobre recursos escasos implica un costo. Es el valor de la alternativa o la mejor alternativa no elegida. (Banco de México, 2017)

Se incurre en un costo de oportunidad debido al uso de recursos limitados, de manera que se pierde la oportunidad de obtener ventajas económicas en una alternativa; es decir, es el costo de la mejor oportunidad rechazada (perdida) y que con frecuencia está oculto o implícito. (G.Sullivan, 2004)

2.2.-MARCO METODOLÓGICO

2.2.1.-.MÉTODO RESEAB (DE FRANCISCO J. ACEVES)

Para realizar este trabajo de tesis se empleara el método de investigación sistémica **RESEAB** (REal SEmi-real-abstracto – ABstracto) de Francisco J. Aceves tiene por objetivo resolver problemas de funcionamiento (mejoramiento u optimización) de Sistemas Complejos (que incluyen problemas de toma de decisiones y de definición de objetivos sociales, además de problemas de origen natural, físico, químico y/o biológico). (Aceves Hernández, 2015)

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO RESEAB

El método RESEAB consiste en los siguientes pasos:

- 1- Detección de un problema
- 2- Contextualización del problema (estado del arte)
- 3- Proposición de posibles soluciones (tormenta de ideas)
- 4- Evaluación teórica de dichas soluciones y selección de la o las más factibles y deseables socialmente

- 5- Diseño e implementación de prototipos y de formas o procedimientos para evaluar la o las soluciones seleccionadas
- 6- Experimentación y evaluación de los prototipos a escala reducida o a escala real.
- 7- Solución recomendada,

Después de un cierto tiempo de aplicación de la solución recomendada, es posible que se detecten nuevos problemas, con lo que se puede iniciar un nuevo ciclo de aplicación de este mismo y otro método, con lo que se irán optimizando la solución o soluciones. La figura 2.7 muestra esquemáticamente el método RESEAB.

Nivel de Abstracción-Teorización

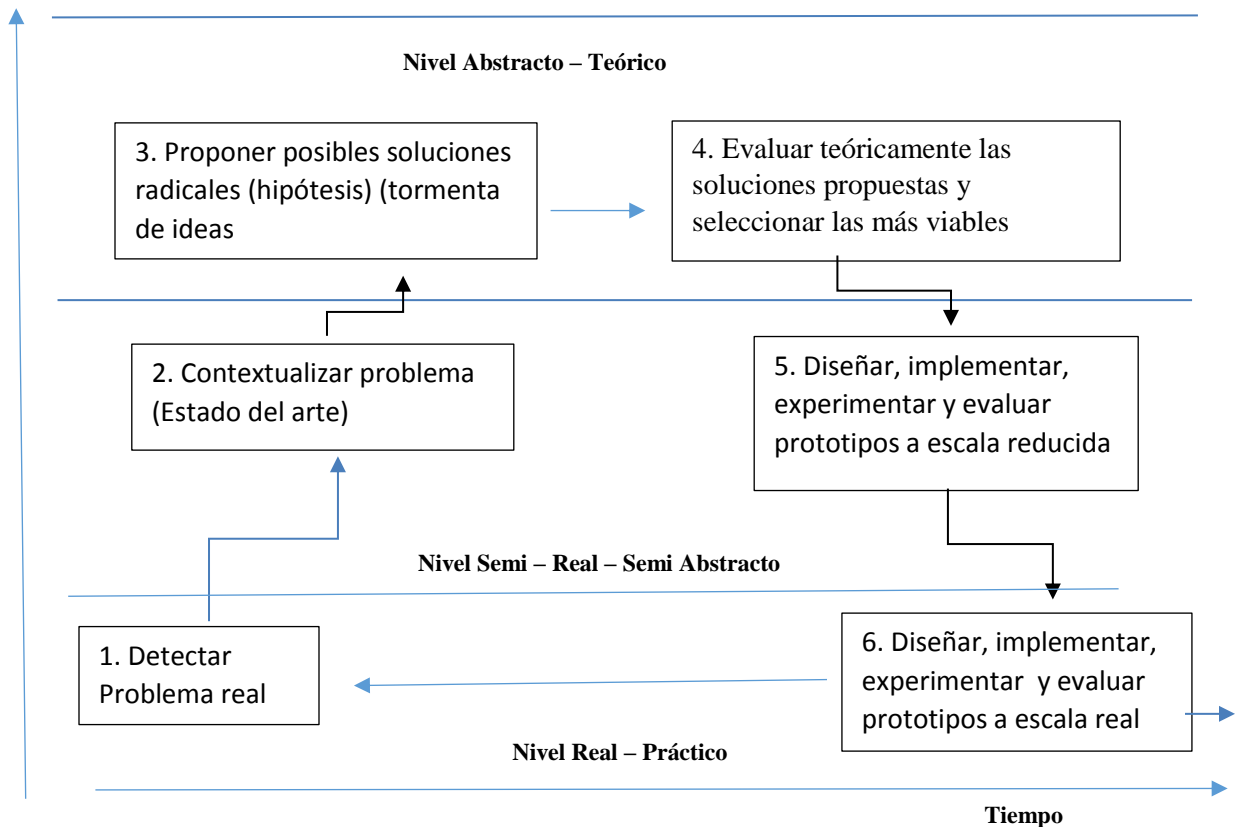


Figura 2.7.-Esquema del método RESEAB

Fuente: (Aceves Hernández, 2015)

De los resultados de la evaluación de los prototipos se extraerán conclusiones y recomendaciones, lo cual puede dar origen a la detección de un problema nuevo, y así se

puede repetir el ciclo iterativo completo, o parcialmente. Se recomienda que este método RESEAB, (que puede incluir el método de Tormenta de Ideas) sea aplicado en equipo transdisciplinario, es decir con personas que tengan visión sistémica, (que vean más allá de simples análisis mono-disciplinarios) que puedan interactuar con otras personas de diversas especialidades, y que tengan un espíritu abierto a nuevas o innovadoras soluciones radicales. (Aceves Hernández, 2015)

Sin embargo, este método también puede ser aplicado por una persona que tenga capacitación en diversas disciplinas complementarias, pero sobre todo, que tenga visión sistémica, para que pueda detectar e interpretar las diversas inter-relaciones que existen en los sistemas complejos que involucran toma de decisiones sociales, así como conocimientos tecnológicos y científicos. (Aceves Hernández, 2015)

2.2.2.-ANÁLISIS FODA

Análisis FODA. Proviene del acrónimo en inglés SWOT, en español las siglas son FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas). El análisis FODA consiste en realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles que en su conjunto diagnostican la situación interna de una organización, así como su evaluación externa; es decir, las oportunidades y amenazas. También es una herramienta que puede considerarse sencilla y permite obtener una perspectiva general de la situación estratégica de una organización determinada. Thompson (1998) establece que el análisis FODA estima el hecho que una estrategia tiene que lograr un equilibrio o ajuste entre la capacidad interna de la organización y su situación de carácter externo; es decir, las oportunidades y amenazas. (Ponce Talancón, 2006)

¿Cómo identificar las fortalezas y debilidades?

Una fortaleza de la organización es alguna función que ésta realiza de manera correcta.

Una debilidad de una organización se define como un factor considerado vulnerable en cuanto a su organización o simplemente una actividad que la empresa realiza en forma deficiente, colocándola en una situación considerada débil.

Es posible destacar que acerca del procedimiento para el análisis FODA, que una vez identificados los aspectos fuertes y débiles de una organización se debe proceder a la evaluación de ambos, es decir, de las fortalezas y las debilidades. Lo importante radica en que los activos competitivos o aspectos fuertes superen a los pasivos competitivos o situaciones débiles; es decir, lo trascendente es darle mayor ponderación a los activos

Identificar oportunidades y amenazas.

Las oportunidades constituyen aquellas fuerzas ambientales de carácter externo no controlables por la organización, pero que representan elementos potenciales de crecimiento o mejoría. La oportunidad en el medio es un factor de gran importancia que permite de alguna manera moldear las estrategias de las organizaciones.

Las amenazas son lo contrario de lo anterior, y representan la suma de las fuerzas ambientales no controlables por la organización, pero representan fuerzas o aspectos negativos y problemas potenciales.

Lo importante de este análisis es evaluar sus fortalezas y debilidades, las oportunidades y las amenazas y llegar a conclusiones (Ponce Talancón, 2006). El análisis se realiza mediante una matriz ver la Figura 2.8.



Figura 2.8.-Matriz FODA

FUENTE: (VenezolanosOnline, 2016)

CAPITULO 3 MARCO CONTEXTUAL

3.1 DEMANDA MUNDIAL ESPERADA DE ELECTRICIDAD

A lo largo de los años se ha demostrado que el crecimiento económico está estrechamente relacionado con una creciente demanda de electricidad, pero el alcance de la vinculación depende del nivel de desarrollo económico de cada país. Sin embargo, en los últimos años estas variables han empezado a distanciarse o desacoplarse, derivado de las mejoras de eficiencia energética y el declive de la industria de alto consumo energético que han disminuido la intensidad del uso de energía eléctrica. (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

Según cifras publicadas en el WEO, se espera que la demanda de electricidad a nivel mundial, se incremente en más del 71.1% entre 2013 y 2040, de unos 20, 144.0 TWH en 2013 a casi 34,457.0 TWH en 2040, lo que representa una tasa media de crecimiento anual de 2.0%. Este fuerte incremento de la demanda de electricidad, se deriva del crecimiento acelerado de la demanda de Asia (No miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, por sus siglas OCDE), de cerca de 133.0% para el mismo período (véase Figura 3.1). (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

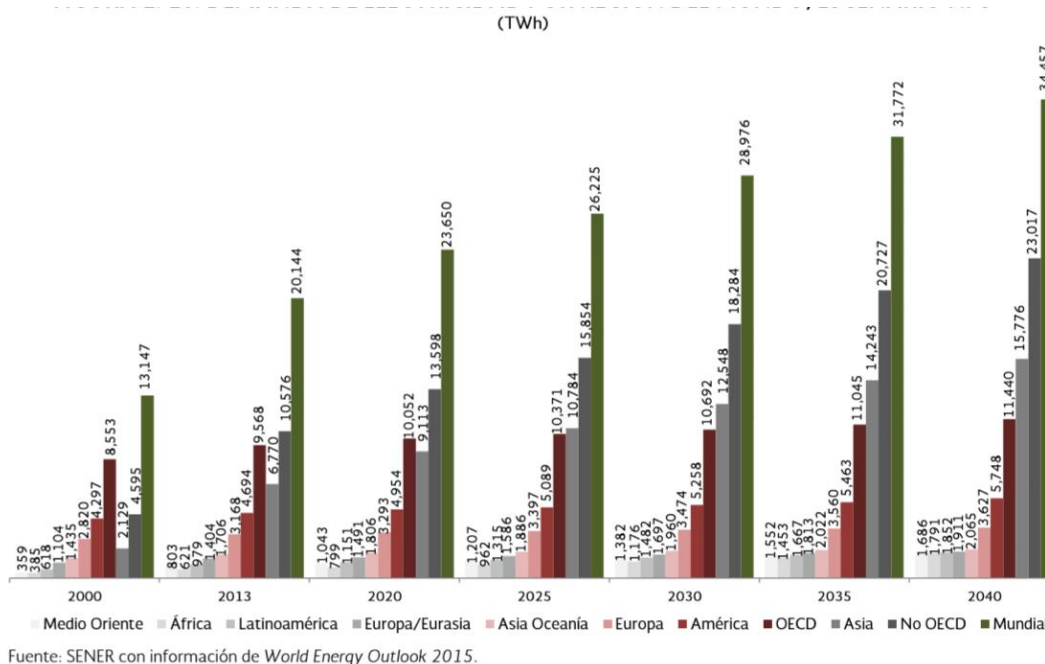


Figura 3.1.-Demanda de electricidad por región del mundo.

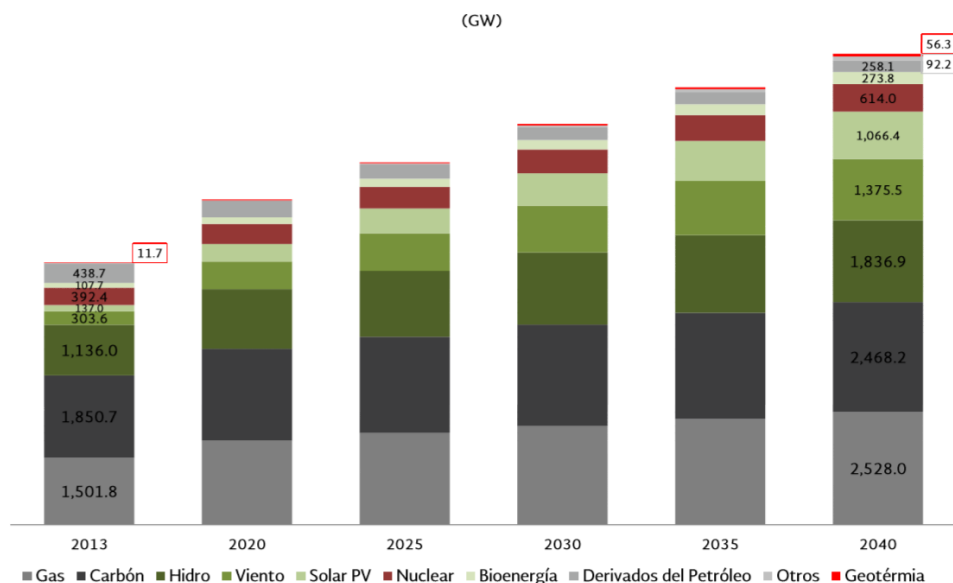
Fuente: (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

3.1.1 CAPACIDAD NETA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA MUNDIAL

La capacidad de generación eléctrica instalada a nivel mundial en 2040 se ubicará en los 10,569.6 GW, lo que equivale a un aumento de 4,685.6 GW con respecto al nivel de 2013. Este ritmo de crecimiento se encuentra vinculado al incremento de la capacidad instalada de países como China (que se duplica) y la India (donde la capacidad se cuadruplica). Bajo el escenario NPS, el carbón es desplazado por el gas natural como el combustible fósil más empleado hacia el final del periodo de análisis., Aun cuando su capacidad de generación aumenta, la tasa media de crecimiento anual se ubica en 1.1%, inferior a la de la capacidad con base en gas natural. Esta tendencia resulta en una disminución de la participación del carbón dentro de la capacidad total instalada, pasando de 31.5% en 2013 a 23.4% en 2040. (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

El gas natural, que actualmente es el segundo combustible fósil más empleado, aumenta su capacidad instalada en 1,026.2 GW entre 2013 y 2040, con una tasa de crecimiento anual de

1.9%. Al final del período concentrará el 23.9% del total de capacidad instalada mundial, lo que se traduce en una tendencia en el mundo de conversión de plantas hacia este combustible (desplazando al carbón), dada su eficiencia, su menor producción de contaminantes, los bajos precios del combustible, menor costo de capital y sus menores tiempos de construcción. (Véase Figura 3.2) (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)



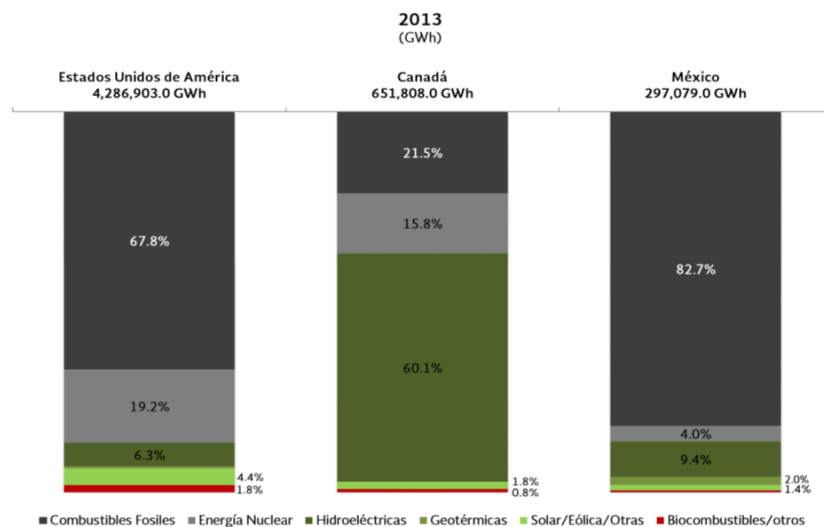
Otros: energía solar térmica y energía mareomotriz.
Fuente: SENER con información de *World Energy Outlook 2015*.

Figura 3.2.-Capacidad instalada mundial por fuente de energía.

Fuente: (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

3.1.2 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN AMÉRICA DEL NORTE

En 2013, la producción de energía eléctrica de América del Norte creció 0.7% con respecto a 2012, para ubicarse en 5, 235,790.0 GWH. Este incremento en comparación al crecimiento mundial, que fue de 2.9% producto del crecimiento constante de la región Asiática, es inferior entre esos mismos años. El país con mayor participación del total de la generación de América del Norte fue EUA con el 81.9%, el equivalente a 4, 286,903.0 GWH (Véase Figura 2.6). (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)



Fuente: Electricity Information 2015, International Energy Agency.

Figura 3.3.-Generación de electricidad por fuente de energía para América del Norte.

Fuente: (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

3.2.-MEXICO Y LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA

El Sistema Eléctrico Nacional (SEN) está conformado por el sector público y aquella energía no suministrada al servicio público –privados-. El sector público se integra por la infraestructura de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y las centrales construidas por los Productores Independientes de Energía (PIE), los cuales entregan la totalidad de su producción eléctrica a la CFE para suministro en el servicio público. Las modalidades de cogeneración, autoabastecimiento, usos propios continuos, pequeña producción, importación y exportación, conforman el otro grupo que es el autoabastecimiento, el cual cuenta con mayor capacidad y que considera a los sectores industrial, comercial y servicios. (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

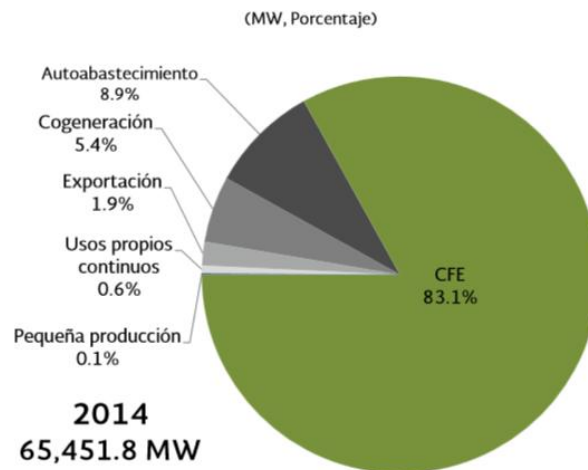
Con respecto a la cadena de valor, la infraestructura del SEN se conforma de las siguientes fases:

- Generación
- Transformación y transmisión en alta tensión,

- Distribución en media y baja tensión
- Ventas a usuarios finales

(SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027 , 2013)

Al final de 2014, el SEN tenía una capacidad instalada eléctrica de 65,451.8 MW, 995.5 MW más que en 2013. El 83.1%10 pertenecía a la CFE11 (54,366.9 MW), 8.9 % por autoabastecimiento, 5.4% cogeneradores y el restante 2.7% por otros auto consumidores (véase Figura 3.4).



Fuente: SENER con información de CFE y CRE.

Figura 3.4. Capacidad instalada del SEN por modalidad (MW, porcentaje)

Fuente: (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

De los 65,452 MW instalados el ciclo combinado era la tecnología con mayor porcentaje el cual era 35.6 %, en cuanto a las energías renovables la hidráulica ocupó un porcentaje de 19%, estos datos se ven reflejados en la siguiente figura:

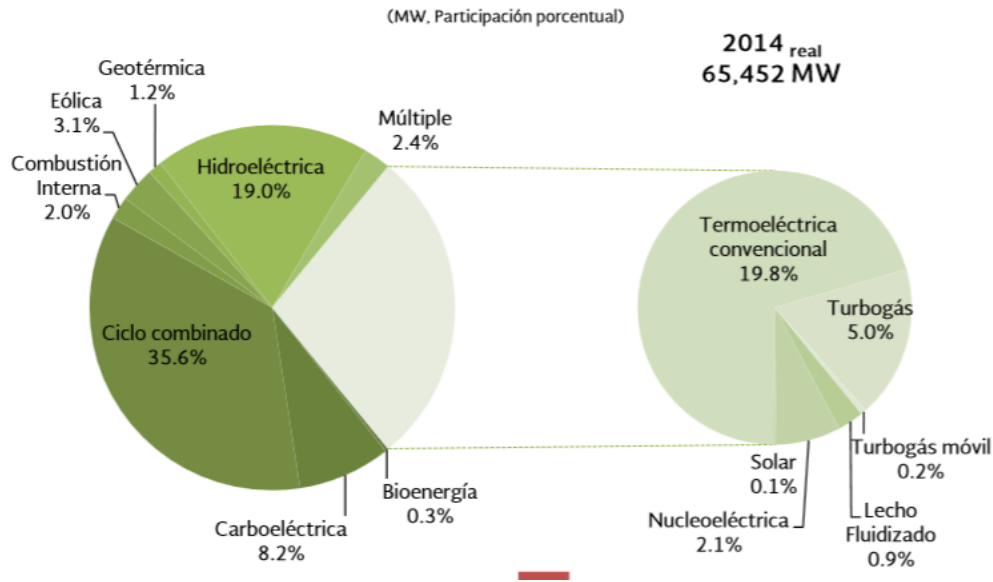


Figura 3.5.-participacion de tecnologías en la capacidad de generación 2014

Fuente:(SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

Este parque de generación está distribuido con el 74.1% de tecnologías que emplean combustibles fósiles (48,530 MW) y 25.9% de tecnologías limpias (16,921 MW).

En 2014, la generación total de energía se ubicó en 301,462.0 GWh, incluyendo la generación reportada de los permisos, de los cuales el 85.6% provino del servicio público

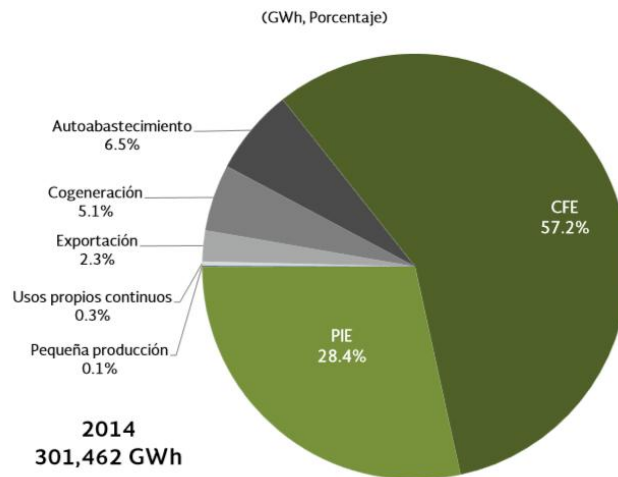


Figura 3.6.-Generación bruta por modalidad.

(SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

Para generar 301,462.0 GWh se emplearon diversas tecnologías, en la tabla podemos observar la participación porcentual de cada una de ellas para satisfacer la demanda.

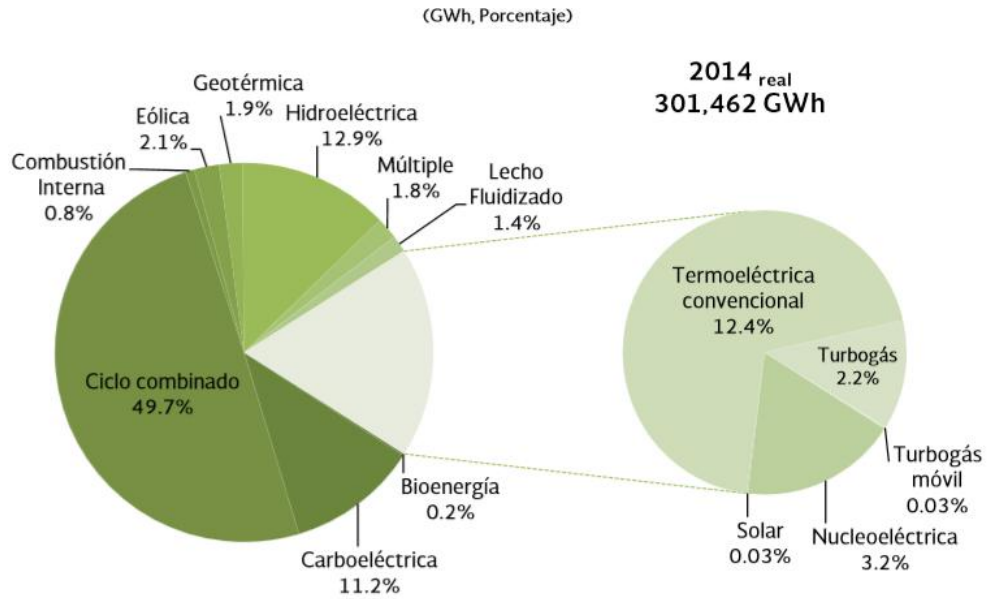


Figura 3.7.-Participación de tecnologías en la generación de electricidad 2014

Fuente:(SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

Las fuentes de energía empleadas para generar 301.462 GWh fueron las siguientes:

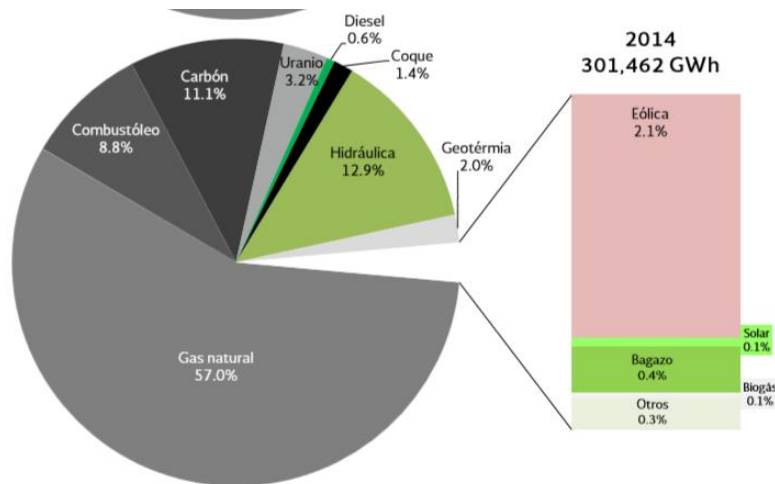


Figura 3.8.- Fuentes empleadas en el SEN en 2014.

Fuente: (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

3.2.1.-MÉXICO Y LA ENERGÍA EN EL FUTURO

PRONÓSTICOS DE DEMANDA MÁXIMA BRUTA Y CONSUMO BRUTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Unas de las variables que constituyen un insumo fundamental para la determinación de la infraestructura eléctrica requerida en el país son las trayectorias a futuro de consumo y demanda de electricidad. Con base en las estimaciones de demanda y consumo de energía eléctrica, se proyecta un crecimiento anual medio de 4.0% y 3.5%, respectivamente, para los próximos 15 años (ver figura 3.9 y 3.10). (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

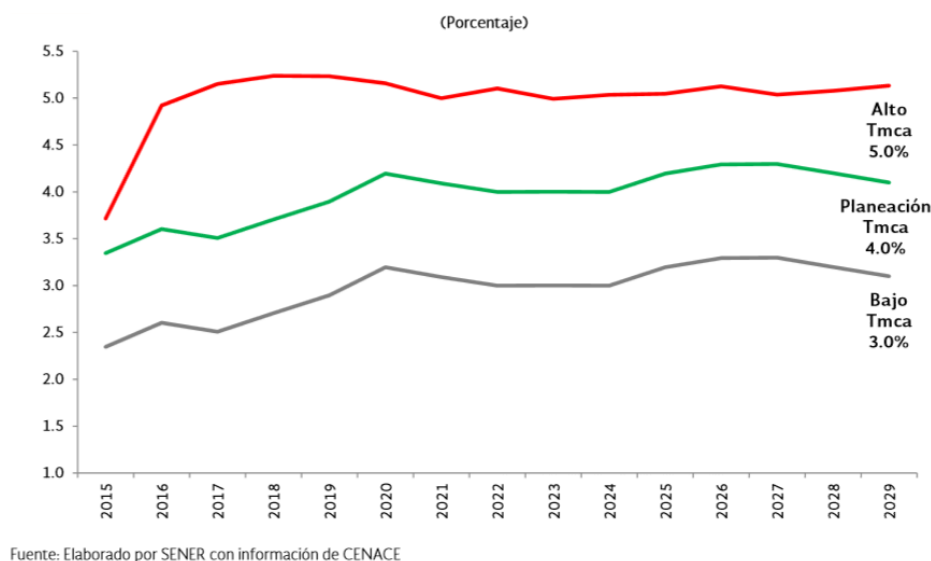


Figura 3.9.-Crecimiento anual esperado de demanda máxima 2015-2029 del SEN.

Fuente: (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

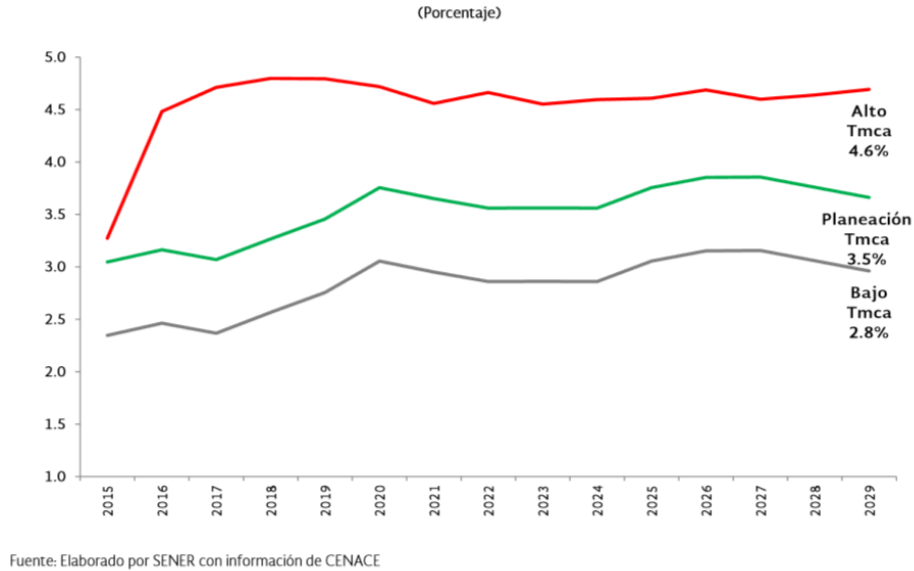
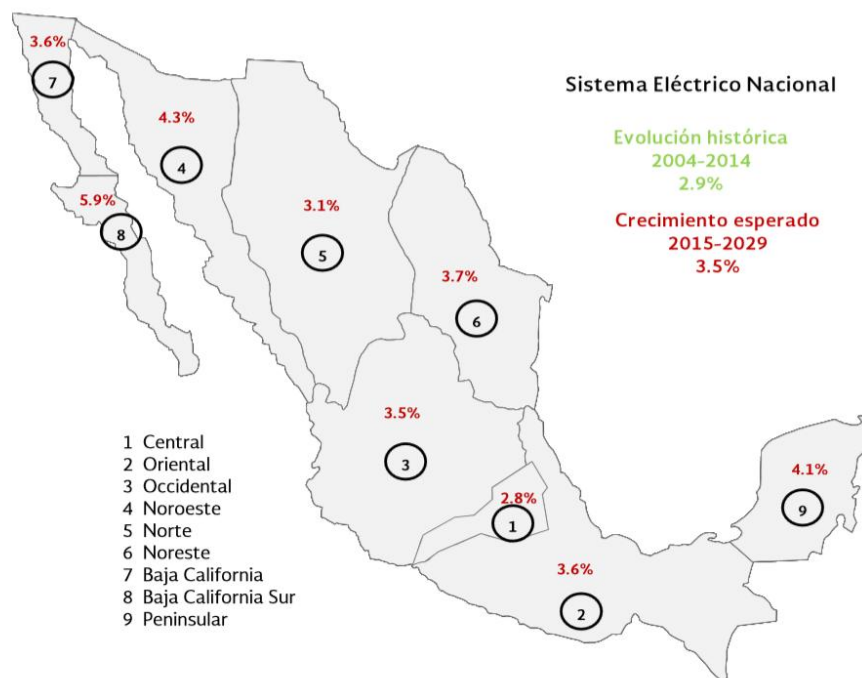


Figura 3.10.-Crecimiento anual esperado del consumo 2015-2029 del SEN.

Fuente: (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

CONSUMO BRUTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El consumo bruto del SEN se integra considerando las ventas totales de energía, ahorros de energía, ventas asociadas a la reducción de pérdidas no-técnicas, la exportación, la importación, la reducción de pérdidas y los usos propios en la generación de energía. Para el período histórico 2004-2014, el consumo bruto tuvo un crecimiento de 2.9% mientras que para el pronóstico del período 2015-2029, presenta un crecimiento medio anual de 3.5%, para ubicarse al final del período en 471.6 TWH. (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)



Fuente: Información de PRODESEN, SENER.

Figura 3.11.-Crecimiento anual de la demanda máxima por área 2015-2029 del SEN.

Fuente: (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

CAPACIDAD INSTALADA

Para satisfacer la demanda de energía eléctrica prevista para el período 2015-2029, se requerirán 59,985.6 MW, La capacidad adicional al 2029 se integrará en un 54.3% de energías limpias, mientras que el 45.7% restante corresponde a capacidad que emplea combustibles fósiles. Entre las tecnologías limpias, destaca el aumento de la capacidad de generación a partir de energía eólica, con adiciones de capacidad por 11,952.2 MW, le siguen la cogeneración eficiente, con 7,533.0 MW²¹. En el caso de las tecnologías con base fósil, la mayor proporción será de ciclo combinado con aproximadamente 50 proyectos, equivalente al 44.1% del total (Véase Figura 3.13). (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

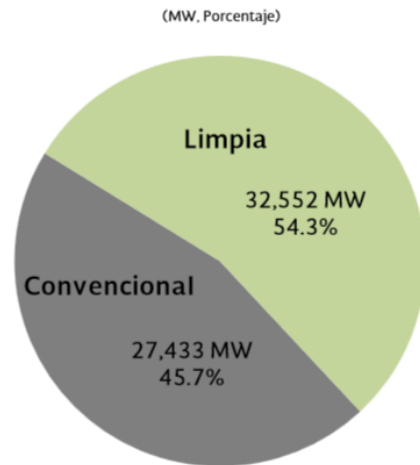
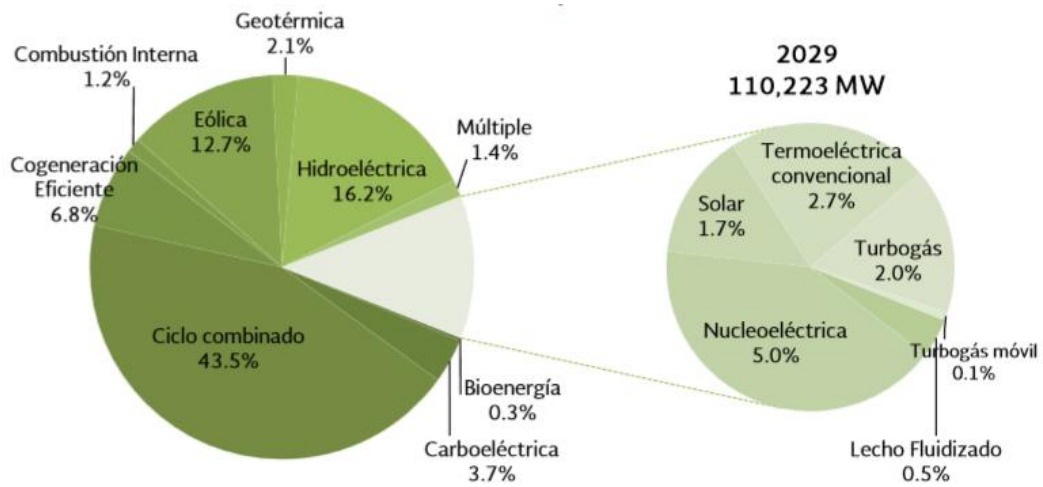


Figura 3.12.-Participación adicional de generación por tipo de tecnología 2015-2029

Fuente: (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

En 2014, la capacidad instalada fue de 65,452.0 MW, a este total se restan los retiros programados y se añaden las adiciones estimadas para el período y los proyectos de rehabilitación y modernización. Con ello, al 2029 se tendrá una capacidad de generación eléctrica de 110, 223.1 MW



La tecnología llamada *Múltiple*, hace referencia a la combinación de dos o más tecnologías convencionales y limpias.
Fuente: Información de PRODESEN, SENER.

Figura 3.13.-Capacidad instalada por fuente de energía 2029

Fuente (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

GENERACIÓN POR TECNOLOGÍA

En 2014, la generación de energía eléctrica era de 301,462.0 GWH y se espera que, para el año 2029, se incremente 56.1%, para ubicarse en 470,431.7 GWH. La tecnología de fuentes no renovables que seguirá dominando es el ciclo combinado con 55%, la energía nuclear tendrá 8.2 % de participación, en las fuentes renovables las que tendrá mayor participación son la hidráulica y eólica con el 11.6 % y 8.6 respectivamente. (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

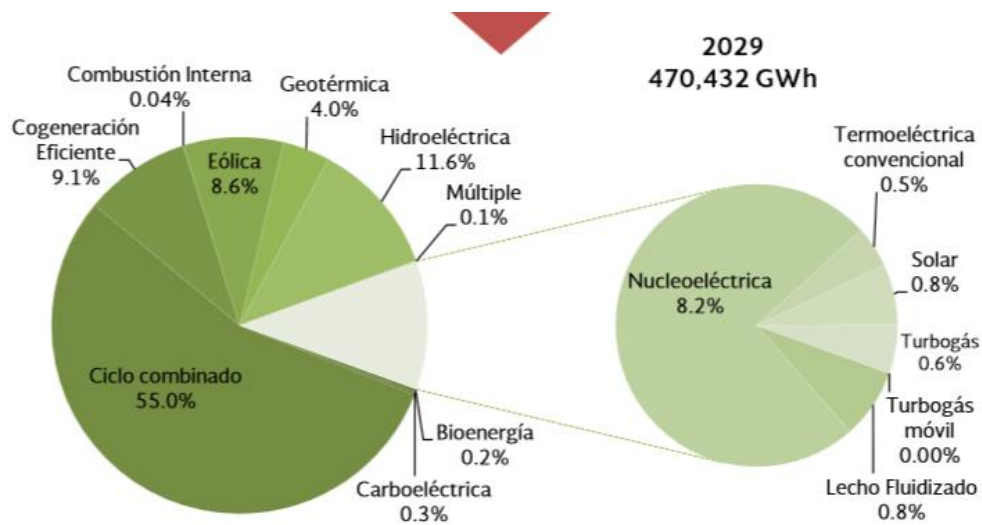


Figura 3.14: Generación por tecnología 2029.

Fuente (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

3.2.-CAMBIO CLIMATICO

La evidencia científica del cambio climático es indiscutible, esto según lo planteado por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) organización internacional líder sobre el tema del cambio climático. O como lo plantea la EPA (Agencia de Protección del Ambiente de EE.UU.), “El cambio climático está sucediendo” y que “la evidencia es clara”.

El Cambio Climático es un cambio de los patrones locales o globales del clima, las causas pueden ser naturales: variaciones en la energía que se recibe del Sol, erupciones volcánicas, circulación oceánica, procesos biológicos y otros, o puede ser causada por influencia antrópica (por las actividades humanas), como por ejemplo, a través de la emisión de CO₂. Hay una certeza del 90% de que la causa del calentamiento es el aumento de gases de efecto invernadero (GEI) que resultan de las actividades humanas como la quema de combustibles fósiles (carbón, gasolina, gas natural y petróleo) y la deforestación. (CAMBIO CLIMATICO GLOBAL, 2016)

Un informe del IPCC estima que durante el próximo siglo la temperatura del planeta aumentara entre 1.1 y 6.4 grados como consecuencia de la acumulación de GEI. Esto ocasionaría entre otras cosas, aumentos en la frecuencia de olas de calor y en la intensidad en los ciclones, mayores precipitaciones e inundaciones e incrementos en el nivel del mar (IPCC, 2007). Por su parte el “Informe Stern”(Stern,2006), sostiene que si la comunidad internacional no disminuye la emisión de GEI podrían costar a la economías del mundo más que dos guerras mundiales y desatar un crisis equivalente a la Gran depresión del 1929, con 200 millones de víctimas por sequias e inundaciones y la desaparición del 40% de fauna y flora esencial para los ecosistemas del planeta. (Gutman, 2009)

Los efectos negativos se están reflejando hoy en día ya que un grupo de científicos ha alertado en un estudio de la desaparición de cinco islas deshabitadas del Pacífico Sur por el aumento del nivel del mar, que amenaza con arrasar otros territorios insulares de la zona. El estudio, publicado en la revista Environmental Research Letters, examinó 33 territorios de las Islas Salomón mediante imágenes aéreas y por satélite que datan entre 1947 y 2014, y utilizaron el conocimiento de la población local. A pesar de no registrar asentamientos humanos en las

islas desaparecidas, de entre 12.240 y 48.890 metros cuadrados, estas sí poseían vegetación. (Reuters, 2016)

Para evitar estos y algunos otros problemas derivados por el cambio climático, los seres humanos debemos adoptar acciones en beneficio de nuestra especie y el planeta.

Las acciones clave a considerar deben incluir al menos las siguientes:

- Aumento de la eficiencia de uso de la energía.
- Manejo estricto en las reglas para el trabajo con las emisiones durante la transición a caminos de bajas emisiones de carbón
- Uso extensivo de tecnologías renovables y otras de baja emisión de carbón.
- Cooperación en tecnologías y mayor desarrollo de tecnologías debajo carbón desde el punto de vista de investigación
- Reducción de deforestación.

Se estima que sobre la base de los costos de las tecnologías de bajo contenido de carbón, el ahorro o disminución en las emisiones por el tipo de tecnología para los años 2025 y 2050 se debe actuar sobre: el uso eficiente de la energía, captura ya almacenamiento de carbón, así como el incorporación de otras tecnologías (viento, hidro, solar, biomasa) (Harper Enriquez, 2009)

3.2.1.-PAISES QUE EMITEN MAYOR CANTIDAD DE CO2

El World Resources Institute ha hecho un interesante infográfico de los países que emiten más emisiones de CO2 a la atmósfera. Los 10 países que más gases de efecto invernadero provocan generan el 72% del total. Por su parte los 100 países que menos emisiones arrojan solo provocan el 3% de ellos. Cabe apuntar que 6 de los diez países son desarrollados, Resulta también impactante cómo el país número 1, China, dobla en cantidad al segundo puesto, una diferencia enorme. (Ecoosfera, 2016).En la **Tabla 3.1** se muestra los 10 países que emiten mayor CO2 en el mundo:

Lugar	País	Porcentaje (%)
1	China	25.36
2	Estados Unidos	14.4
3	Unión Europea	10.16
4	India	6.96
5	Rusia	5.36
6	Japón	3.11
7	Brasil	2.4
8	Indonesia	1.76
9	México	1.67
10	Irán	1.65

Tabla 3.1.-Los 10 países con mayor emisión de CO2

Fuente: (Ecoosfera, 2016)

En la tabla 3.1 se puede observar que México ocupa la novena posición con el 1.67 % de emisiones de GEI.

3.3.-LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y LA EMISIÓN DE CO2

La demanda de energía está aumentando a nivel mundial, provocando que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del sector energético también aumenten. (COUNCIL, 2014) .La generación de energía eléctrica, después del sector transporte, es el mayor emisor de dióxido de carbono (CO2) y que se ha incrementado con el aumento de la demanda de electricidad. (SENER, Prospectiva de energías renovables 2015-2029, 2015)

La emisión de CO2 en la generación eléctrica está estrechamente relacionada con la fuente energía a emplear, la mayor cantidad de emisiones proviene las fuentes no renovables(gas natural , carbón petróleo y su derivados) empleadas en las centrales termoeléctricas, por su parte una central nuclear de forma operativa no emite CO2, pero toda la actividad que implica la extracción del uranio que sirve como combustible es una de las actividades que

proporciona más CO₂ a lo que hay que sumar el emitido durante el proceso de enriquecimiento del uranio y la construcción de la planta. (Öko-institut e.V., 2006).

Las fuentes renovables también emiten CO₂ muchos de los casos en la construcción de la central, fabricación o extracción de los materiales que emplean las diversas fuentes. Cuando se fabrica una central de energía solar fotovoltaica se produce una huella de 34,3 g CO₂ por cada kWh de energía eléctrica generada. (reve Revista eólica y vehículo eléctrico, 2014).

Una planta geotermoeléctrica estándar, que aprovecha un yacimiento geotérmico hidrotermal, no emite bióxidos de azufre ni de nitrógeno a la atmósfera y en promedio su emisión de CO₂ es de unos 122 gramos por kilowatt-hora eléctrico generado (CeMIEGeo Centro mexicano de innovación en energía geotérmica., 2016). En la **Tabla 3.2** se muestra algunas fuentes de energía y la emisión de CO₂ en g/KWH producido por las diferentes de energía en las centrales eléctricas.

FUENTE DE ENERGÍA	EMISIONES DE CO ₂ g/KWH
CARBÓN	957
COQUE	871
COMBUSTÓLEO	795
DIÉSEL	565
GAS NATURAL	535
CICLO COMBINADO	359
GEOTÉRMICA	122
URANIO	45
SOLAR	34.3
HIDRÁULICA	20
EÓLICA	20

Tabla 3.2.-Emisiones de CO₂ por fuente de energía.

*Elaboración propia. En base a: (Llamas, 2004) (CeMIEGeo Centro mexicano de innovación en energía geotérmica., 2016) (reve Revista eólica y vehículo eléctrico, 2014)

3.4 GENERACION ELECTRICA CON ENERGIAS NO RENOVABLES

3.4.1 COMBUSTIBLES FOSILES

Existe una dependencia histórica entre la generación de energía eléctrica y el esquema internacional de combustibles fósiles como el carbón y los derivados del petróleo, de tal manera que en la mayoría de los países, estos combustibles representan poco más del 50% de su fuente primaria de generación. (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027 , 2013)

El crecimiento económico basado esencialmente en el uso de combustibles fósiles para generar energía, tienen enormes impacto para la generación de GEI en la atmosfera. (Gutman, 2009)

3.4.1 CENTRALES TERMOELECTRICAS,

Es una instalación empleada para la generación de energía eléctrica a partir de la energía liberada en forma de calor, normalmente mediante la combustión de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón. (EcuRed, 2017).

Tipos de centrales termoeléctricas (revisar anexo A)

- a) Convencionales (gas , carbón , combustóleo o fuel oil)
- b) Turbogas
- c) Ciclo combinado
- d) Combustión interna (diésel).

3.4.3 IMPACTOS DE LAS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS

AMBIENTALES

La emisión de residuos a la atmósfera y los propios procesos de combustión que se producen en las centrales térmicas tienen una incidencia importante sobre el medio ambiente.

Problemas ambientales asociados con la generación eléctrica a partir de combustibles fósiles

- Uso de tierra y agua
- Emisiones a la atmósfera (SO_x, NO_x, CO, CO₂, HC, trazas de elementos, partículas, radionúclidos, etcétera)
- Transporte a larga distancia y deposición de contaminantes atmosféricos
- Descargas térmicas
- Impactos climáticos locales y visuales por uso de torres de enfriamiento
- Disposición de desechos sólidos (fuentes con controles de particulado y SOX)
- Disposición de cenizas (para el caso del carbón)

En cuanto al uso de tierra, los tamaños de terreno para emplazamientos de plantas actuales, aún para aquellas de un tipo dado de combustible, varían en un intervalo considerablemente grande y dependen de factores tales como: las especificaciones individuales de la central; costo del terreno, el cual puede afectar el diseño, si hay desechos sólidos, la disposición de ellos dentro o fuera del área de la central; localización de la central y capacidad instalada. No existe una sólida relación entre tamaño del emplazamiento y especificaciones de la central (tales como la capacidad instalada), sin embargo el tamaño del emplazamiento dependerá del tipo de combustible a emplear en la generación. Por ejemplo, para plantas de carbón se requiere de terreno para la disposición de cenizas y de desechos de la desulfurización de gases de chimenea. No es tal el caso de las plantas alimentadas con derivados del petróleo y gas, ya que no requieren de la disposición de cenizas y por tanto esto se refleja en requerimientos de terreno menores. Por lo que respecta al recurso agua, el uso de ella en las plantas de generación ocurre de manera primordial en las torres de enfriamiento, como

pérdidas evaporativas, aunque se presentan usos adicionales de este recurso con los equipos de control de los contaminantes, como es el caso de precipitadores electrostáticos, y el tratamiento de gases de chimenea de la central. Desde luego, en caso de que la central esté ubicada en una región con recursos acuíferos pobres, será necesario instalar o prever elementos para el reciclado de cantidades importantes de agua y con ello impactar el tamaño del terreno y, posiblemente, el diseño de la central. (Aragón , 1997)

En cuanto a las emisiones de contaminantes a la atmósfera provenientes de la combustión de combustibles fósiles en las plantas de generación eléctrica se clasifican por especies químicas, esto es, óxidos de azufre (SO_x); óxidos de nitrógeno (NO_x); hidrocarburos no quemados (HC); cloruros; fluoruros; monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂), excepto por las partículas en las que muchas de las especies químicas están presentes (por ejemplo, trazas de metales, etcétera). Los principales emisores de óxidos de azufre son las plantas de generación a base de carbón y de derivados del petróleo (combustóleo, diésel, etc.). (Aragón , 1997)

Las emisiones de óxidos de nitrógeno, por si solas o junto con otros contaminantes, pueden contribuir a impactos sobre la salud humana y el medio ambiente a escala local, regional o internacional. Se sabe que los óxidos de nitrógeno se forman cuando el oxígeno y nitrógeno presente en el combustible y en el aire de combustión son expuestos a las altas temperaturas características de los procesos de combustión. El principal compuesto es el óxido nítrico (NO) cuya concentración total es debida a la suma del nitrógeno presente en el aire (este se asocia con el 75 por ciento de las emisiones totales de NO) y el nitrógeno químicamente ligado en el combustible. En tanto que los NO son formados durante la combustión, los posibles procesos o técnicas y tecnologías de control habrán de enfocarse y se enfocan primordialmente a la modificación de las técnicas de combustión. En cuanto a las emisiones de partículas, éstas se originan principalmente en las plantas generadoras a base de carbón y, si éstas, no poseen controles para las emisiones de partículas los volúmenes de emisiones serán considerablemente mayores que las provenientes de plantas a base de derivados del petróleo y de gas. Por lo que respecta a los contaminantes correspondientes a trazas de metales los posibles impactos han venido adquiriendo mayor atención por parte de los países en general. Sabemos que todos los combustibles fósiles contienen trazas de metales en

cantidades variables, cantidades que dependen del combustible y de su origen. Por otra parte, las cantidades de estos metales que son liberadas a la atmósfera por las plantas de generación eléctrica dependen de la concentración del elemento en el combustible, del tipo de caldera empleada y de la naturaleza de los dispositivos para el control de las emisiones en los gases de chimenea. (Aragón , 1997)

Por lo que respecta a las descargas térmicas de las plantas de generación a los cuerpos de agua puede afectar los ecosistemas acuáticos. Un efecto adicional se tiene en posibles cambios climáticos regionales por descargas térmicas a la atmósfera, sin embargo será necesario evaluar a partir de qué valor de la descarga térmica se pueden presentar tales impactos. Finalmente, los desechos sólidos provenientes de las plantas de generación alimentadas con combustibles fósiles se originan a partir del combustible mismo y de la remoción de los residuos de un medio (el aire) a otro medio (la tierra) por medio de los dispositivos de control del azufre y partículas. En el caso del gas natural, éste es limpiado, por lo general, en las etapas de producción del mismo y las plantas de generación a base de este combustible suelen emitir cantidades mucho menores de azufre y partículas, por lo que, usualmente, éstas no requieren controlar estas pequeñas cantidades de desechos sólidos. En un sentido muy amplio, la misma situación se presentaría en el caso de plantas de generación a base de derivados del petróleo, a menos que el contenido de azufre así lo requiera. De hecho, las preocupaciones relativas a desechos sólidos en plantas de generación a base de combustibles fósiles se centran en las que funcionan a base de carbón. La magnitud de las cantidades de desechos sólidos involucradas se incrementarían con un aumento en el uso de carbón. La disposición de grandes cantidades de desperdicios sólidos, a menudo, crea problemas de espacio, los cuales pueden verse agravados si ocurre que los residuos, provenientes de la combustión de los combustibles fósiles, son clasificados como residuos peligrosos. Sin embargo, algunos de estos residuos sólidos pueden tener aplicaciones en el desarrollo de carreteras y en la construcción. Cualquiera que sea la situación, es de esperarse que la cantidad de residuos sólidos que se produzcan dependerá, en alto grado, de la naturaleza del combustible y podrá variar ampliamente entre los diferentes combustibles sólidos. (Aragón , 1997)

EFFECTOS SOCIALES

Las Centrales Térmicas generan diversos contaminantes físicos y químicos muy peligrosos con un impacto negativo sobre la salud humana. Los efectos adversos sobre el organismo humano se manifestarán a corto, medio y largo plazo, potenciando y desencadenando los producidos por los contaminantes preexistentes. (ecologistas en acción , 2008)

Las repercusiones negativas sobre la salud humana podrán abarcar un amplio abanico de enfermedades que oscilarán entre patologías banales (conjuntivitis, rinitis, faringitis, cefalalgia, etc.) y graves y potencialmente mortales (bronquitis asmática severa, enfisema broncopulmonar, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, insuficiencia cardiaca e incremento del riesgo de cáncer). (ecologistas en acción , 2008)

Contaminantes físicos: acústicos por el ruido derivado del funcionamiento de la central térmica produce alteraciones en el organismo humano, secundarias a la interrupción del biorritmo sueño-vigilia. Los contaminantes electromagnéticos, radiaciones electromagnéticas generadas por la obtención y distribución eléctrica, producen alteraciones principalmente en el sistema nervioso y cardiovascular. (ecologistas en acción , 2008)

3.4.4.-RESERVAS DE COMBUSTIBLES FOSILES

PETRÓLEO

En 2014, la cifra registrada para las reservas probadas mundiales fue de 1,700 mmb, lo que significó una reducción de 0.1% en comparación con lo observado en 2013. (SENER, Prospectiva de petróleo crudo y petrolíferos 2015-2029, 2015). Ver figura 3.15.

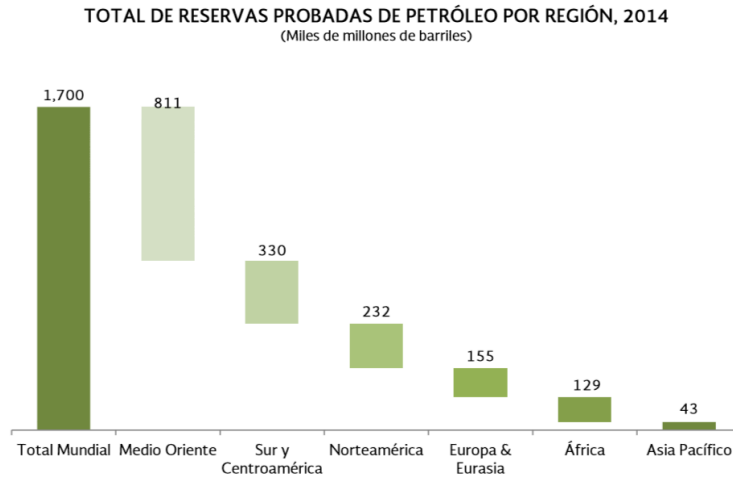


Figura 3.15.-Total de reservas probadas de petróleo por región 2014.

Fuente: (SENER, Prospectiva de petróleo crudo y petrolíferos 2015-2029, 2015)

La región con la mayor cantidad de reservas es el Medio Oriente, con un volumen total de 811 mmb en 2014. Norteamérica alcanzó un volumen de reservas de 232 mmb, con dicho monto Norteamérica aportó el 13.7% a las reservas totales mundiales. Para tener una visión más clara la **Figura 3.16** muestra las reservas de petróleo por país, donde se observa que la nación con mayores reservas es Venezuela con el 298 mmb mientras que México tiene alrededor de 9.7 mmb.

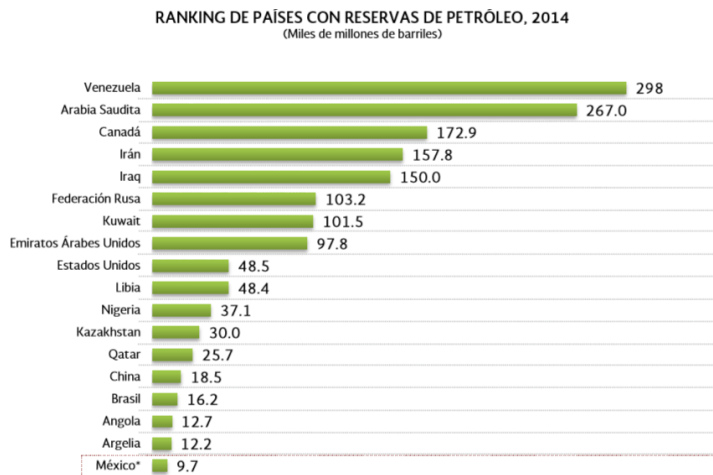


Figura 3.16.-Ranking países con reservas de petróleo 2014

Fuente: (SENER, Prospectiva de petróleo crudo y petrolíferos 2015-2029, 2015)

PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO: PRINCIPALES PAÍSES

PETRÓLEO

Durante 2014, Estados Unidos se convirtió en el primer productor de petróleo a nivel mundial. Con 11,644 mbd, su producción se ubicó por encima de Arabia Saudita y Rusia, gracias a la tecnología y a la inversión realizada en perforaciones hidráulicas de gas y petróleo de esquisto (SENER, Prospectiva de petróleo crudo y petrolíferos 2015-2029, 2015)

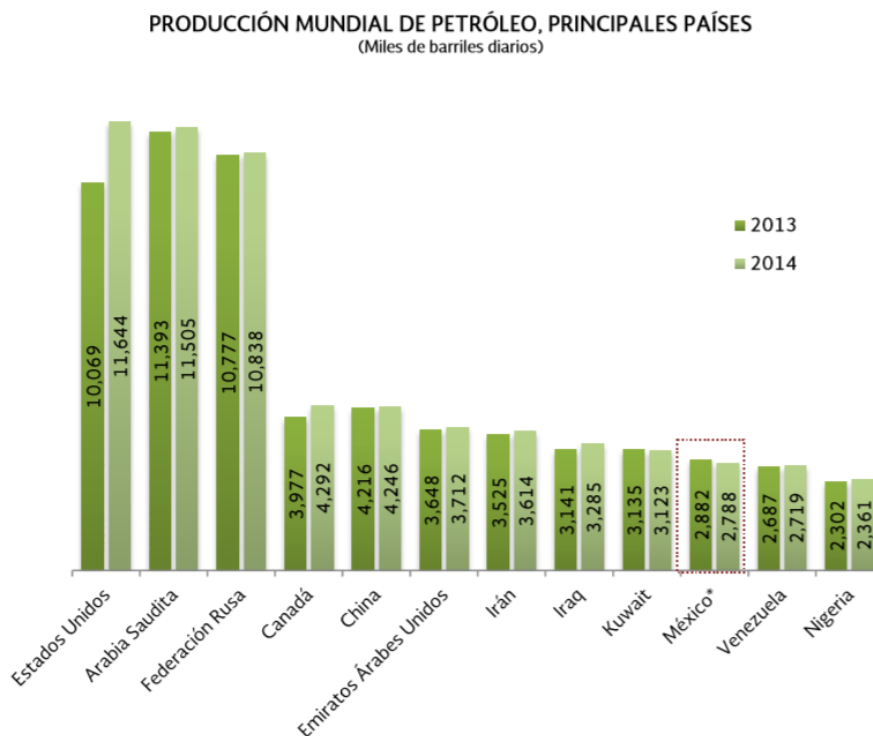


Figura 3.17.-Producción mundial de petróleo, principales países.

Fuente: (SENER, Prospectiva de petróleo crudo y petrolíferos 2015-2029, 2015)

En el 2014 México produjo 2788 mbd o 0.002788 mmmbd que anualmente represento 1.017620 mmmmb, si hacemos la relación entre las reservas y la producción anual del 2014 y manteniendo este ritmo de producción obtendríamos 9.53 años

GAS NATURAL

Las reservas probadas de gas natural en el 2015 fueron de 6 966 billones de pies cúbicos, Rusia es el país con mayores reservas con el 1688 billones de pies cúbicos mientras que México alcanza la cifra de 15 billones de pies cúbicos. (PEMEX, 2015)

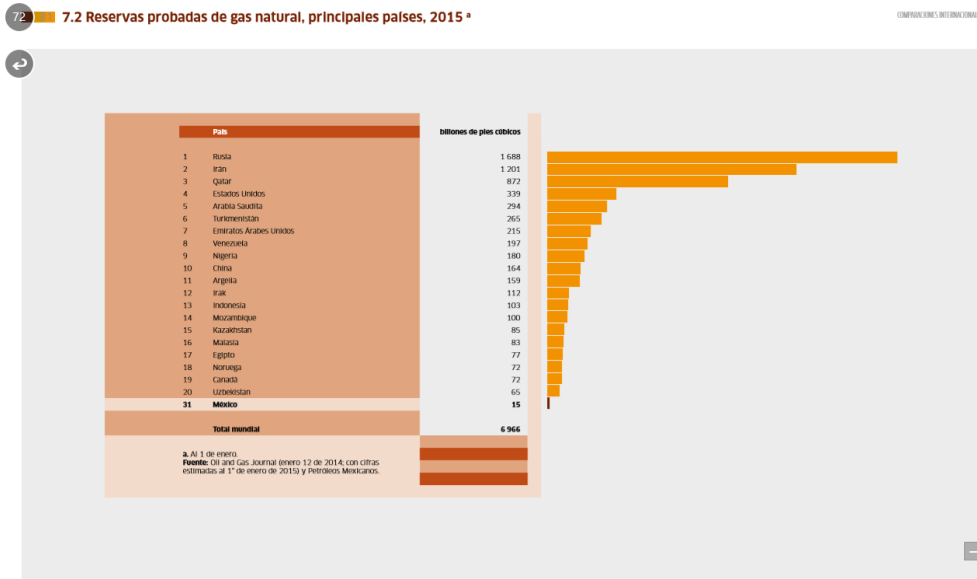


Figura 3.18.-Reservas probadas de gas natural, principales países 2015.

Fuente: (PEMEX, 2015)

PRODUCCIÓN DE GAS NATURAL

A nivel mundial estados unidos es el país con mayor producción de gas 27167 miles de millones de pies cúbicos, México ocupó el lugar 12 ya que produjo 2384 miles de millones de pies cúbicos. (PEMEX, 2015)

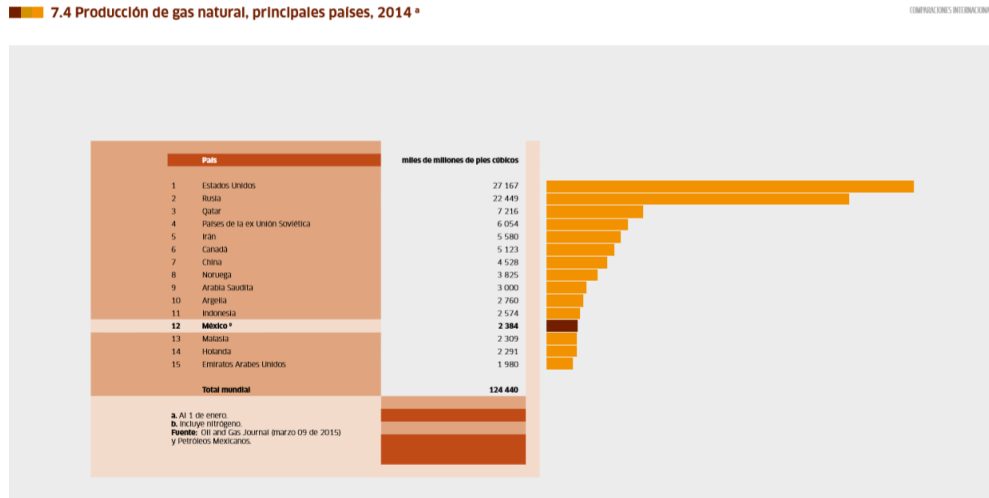


Figura 3.19.-Producción de gas natural, principales países 2014.

Fuente (PEMEX, 2015)

CARBÓN

Según cifras internacionales México tiene reservas por 1,211 Mt a un ritmo de producción anual de 16 Mt, lo que daría como resultado una reserva de carbón para 76 años

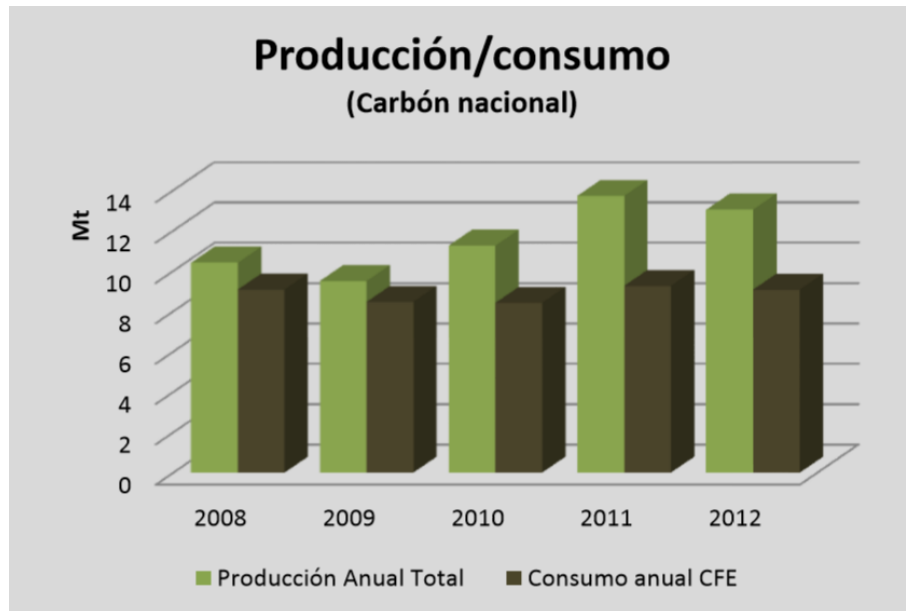


Figura 3.20.-Producción y consumo carbón nacional.

FUENTE: (CFE, Prospectiva mundial de carbón y el caso mexicano, 2012)

El elevado consumo de combustibles fósiles en los tres sectores (industria, agricultura y energía) ha provocado que nivel mundial cada día sea menor el número de reservas ya que es mayor el consumo que la producción. Al ser un recurso limitado se acabarían en cualquier momento y esto afectaría directamente a la generación de energía eléctrica lo que abre una gran oportunidad a las fuentes de energía renovable ya que estas se encuentran de forma ilimitada y provocan menos daños al medio ambiente. (CFE, Prospectiva mundial de carbón y el caso mexicano, 2012)

3.4.5.-CENTRAL NUCLEAR

Una central térmica nuclear es una instalación que aprovecha el calor obtenido mediante la fisión de los núcleos de uranio para producir energía eléctrica. Por consiguiente, las centrales nucleares tienen un reactor, es decir, una instalación que permite iniciar y controlar una reacción en cadena de fisión nuclear. El calor generado en dicha reacción se utiliza para convertir un líquido, generalmente agua, en vapor que de manera semejante a como ocurre en las centrales térmicas de combustibles fósiles, se emplea para accionar un grupo turbina-generador y producir así energía eléctrica. (unesa, unesa Asociación española de la industria eléctrica, 2017)

En el anexo B se puede checar el funcionamiento de una central nuclear.

3.4.6.-IMPACTOS DE LA ENERGÍA NUCLEAR

IMPACTOS AMBIENTALES

La generación eléctrica por medio de reactores nucleares puede presentar impactos ambientales debidos a la naturaleza radioactiva del combustible y a factores no radioactivos. De estos últimos, los más importantes son el uso de tierra y las descargas térmicas. El uso de tierra incluye la planta de generación en sí y los sitios para almacenamiento del combustible gastado, así como las áreas exclusivas que pueden tener diversos usos pero que no pueden

ser usadas para residencia permanente. Al igual que la generación de electricidad con combustibles fósiles, las descargas térmicas de la planta nuclear pueden afectar el medio ambiente local (Aragón , 1997)

De manera eventual puede ocurrir que algún material radioactivo (tritio, Criptón-85, gases nobles, Iodo-131, Carbono-14, etcétera) sea liberado al medio ambiente. Los desechos sólidos provenientes de una planta nuclear de generación eléctrica incluyen el combustible gastado si se decide no reaprovecharlo. En este caso, el combustible no es reprocesado para recobrar el uranio y plutonio y, por tanto, disposición final. Por lo general, estos desechos son mantenidos en tanques de enfriamiento para que los productos radioactivos de vida media corta decaigan y el calor generado por estos procesos sea removido. La gran cantidad de intervenciones humanas requeridas y la complejidad de los sistemas involucrados, así como la dispersabilidad de algunas de las sustancias radioactivas procesadas, son elementos que pueden incrementar la posibilidad de accidentes y malfuncionamiento en las centrales nucleares. Pueden presentarse fugas y derrames de soluciones radioactivas por lo que hay que estar protegidos contra ellas y, en la eventualidad de su ocurrencia disponer de controles adecuados, ya que estas pueden contaminar el emplazamiento, áreas de trabajo, y existe la posibilidad de que se contamine un entorno más grande. En caso de que la decisión sea en el sentido del reprocesamiento del combustible gastado o quemado, la cantidad corresponde, aproximadamente, a un tercio de la carga total de cada año. Una vez que se remueven las barras con combustible quemado del núcleo del reactor, éstas se almacenan, inicialmente, en albercas llenas de agua para que los productos radioactivos de vida corta decaigan y se remueve el calor generado durante el proceso. Después de este enfriamiento, el combustible quemado, el cual contiene radionúclidos de alta radioactividad y vida larga, puede ser reprocesado inmediatamente o colocado en depósitos que lo conservan en condiciones controladas por largo tiempo, dejando abierta la opción de reprocesamiento futuro o disposición final. Al parecer, actualmente se reprocesan cantidades relativamente pequeñas comparadas con las cantidades generadas por las plantas nucleares en operación. Burdamente hablando, durante el procesado del combustible quemado se separan el uranio y plutonio de los productos de fisión activos, los cuales constituyen los desechos de alto nivel. El uranio recuperado puede ser vuelto a enriquecer y usado en nuevos elementos combustibles para el reactor nuclear, en tanto que el plutonio reciclado puede ser usado en reactores tipo breeder.

Sin embargo, esto introduce un flujo de plutonio purificado y con ello medidas de seguridad específicas para este material. El paso de reprocesamiento es el más importante con respecto a la generación de desechos y por ello es un paso crucial en la gestión de desechos y protección radiológica. Dependiendo del nivel de actividad, estos desechos requerirán tratamiento adecuado antes de ser dispersados al medio ambiente o almacenados. Estos desechos pueden presentarse en forma gaseosa, líquida o sólida. Los más importantes radionuclidos presentes en los efluentes son: Tritio, Iodo-131, C-14 y los radioisótopos del Rutenio, Estroncio y Cesio. En cuanto a la gestión de los desechos generados en los diferentes pasos del ciclo combustible del uranio al inicio del mismo (minado y beneficio) se genera el mayor volumen de desechos, en tanto que en las etapas finales (operación del reactor, combustible quemado y reprocesamiento) del mismo se generan los residuos radioactivos. Usualmente se clasifica a estos desechos por su nivel de actividad (baja, intermedia y alta). Los desechos de bajo nivel suelen ser enterrados en depósitos preparados a poca profundidad o en el mar. Claramente, en el primero de los casos es necesario proteger y aislar los desechos de la acción del agua y del público. Ya sea en tierra o en el mar es necesario conocer y estudiar los posibles caminos de la radioactividad hacia el hombre. En cuanto a los desechos de nivel intermedio, éstos pueden ser dispuestos mediante diversos métodos, tales como su disposición en el mar, entierro en depósitos apropiados a poca profundidad, todo ello bajo condiciones ambientales particularmente favorables o en depósitos geológicos profundos. En caso de que el combustible quemado no se reprocese, éste es de alto nivel. Si el combustible quemado es reprocesado, los productos de fisión y otros elementos que se producen a partir del uranio y plutonio en el reactor nuclear constituyen desechos radioactivos de alto nivel. Una de las técnicas más estudiadas para disponer de estos residuos consiste en la solidificación de ellos para reducir el riesgo de dispersión al medio ambiente durante su almacenamiento o disposición final. La disposición en formaciones geológicas aisladas requiere depositar los desechos en contenedores especiales, en depósitos profundos practicados en formaciones geológicas estables y aisladas del agua y la biósfera. Algo semejante se tiene en el caso de la disposición en el lecho del mar. De hecho, los estudios y experimentos realizados a la fecha para disponer de estas alternativas se encuentran en un estado de mayor avance en el caso de la disposición en tierra continental que en mar. Por el momento, todos los desechos radioactivos de alto nivel se almacenan temporalmente en

espera de la decisión de cuándo y en qué condiciones deberá ser implementada la disposición final de ellos. Ciertamente, este aspecto es percibido como uno de los más importantes temas ambientales relacionados con el desarrollo de la generación eléctrica por medios nucleares. Es por ello que las tres áreas más importantes en las que se ha concentrado el esfuerzo para minimizar el impacto ambiental de los desechos radioactivos de alto nivel del ciclo nuclear se ubican en:

La localización e identificación de depósitos permanentes adecuados para el aislamiento de largo plazo de desechos de alto nivel; Desarrollo de sitios apropiados de almacenamiento provisional, en tanto se identifican los sitios de depósito permanente; y, El desarrollo de la tecnología adecuada para el tratamiento de los desechos. (Aragón , 1997)

La vida operacional de un reactor nuclear en una planta de generación nuclear se estima entre treinta y cuarenta años. Si el reactor ha sido operado mediante procedimientos adecuados como es el caso de limitada , contaminación de sus componentes y una vez que el combustible es removido, la radioactividad presente en el reactor a ser desmantelado se verá limitada, esencialmente, a productos de activación neutrónica en las componentes dentro y próximas a la vasija del reactor. Las opciones disponibles para el desmantelamiento se realizan de manera progresiva, desde su apagado hasta el desmantelamiento completo del reactor y dedicación del sitio a otros usos. De hecho, la elección es tanto económica como técnica. Desde luego, la estimación de los impactos ambientales constituye un factor importante en la determinación de los costos del desmantelamiento. De manera muy general se reconocen tres pasos fundamentales en el proceso de desmantelamiento total de una planta nuclear, a saber:

Puesta en reserva o inactiva: este paso está diseñado para proporcionar seguridad al público y el medio ambiente a bajo costo inicial. La planta estará bajo continua vigilancia y podría, si se desea, ponerse en operación de nuevo. Enterramiento: este proceso o acción es, en esencia, un proceso irreversible y requiere de la remoción de fluidos radioactivos, de desechos y componentes radioactivos seleccionados, así como del sellado final del reactor. En ambos casos se requiere la remoción del combustible del reactor. Desmantelamiento y remoción: este paso involucra la remoción de cualquier restricción sobre el acceso al área y, en esencia, su restauración a su estado original. Claramente, este paso es el más costoso de

la operación de desmantelamiento, aunque, a diferencia de los dos previos no se requiere de vigilancia. (Aragón , 1997)

A la fecha, sólo unos cuantos reactores nucleares han sido desmantelados, sin embargo e independientemente de ello se considera que el desmantelamiento final completo se encuentra dentro de las capacidades tecnológicas actuales y en todo caso sólo se requeriría el desarrollo de algunas técnicas y equipos especiales. (Aragón , 1997)

IMPACTOS SOCIALES

Tal vez, la mayor preocupación con la utilización de plantas nucleares se ubique en el temor a un accidente mayor, accidente que involucre la fusión del núcleo del reactor con la posible liberación de sustancias radiactivas al medio ambiente. En la eventualidad de tal accidente los impactos al medio ambiente y población, si la planta se ubica cerca de un centro poblacional, serían de gran envergadura y a lo largo del tiempo. De hecho, esto constituye una hipótesis extrema y por lo general las plantas nucleares son diseñadas y construidas de forma tal que la probabilidad de que ocurra un accidente de este tipo es muy baja. (Aragón , 1997)

Sin embargo, la evidencia histórica demuestra que ha ocurrido un accidente nuclear grave aproximadamente una vez cada diez años. A continuación se mencionan algunos de estos:

El accidente de Chernóbil (abril de 1986) ocasionó una fuga de radiactividad a gran escala. Contaminó enormes extensiones de terreno en toda Ucrania, Bielorrusia y Rusia. También afectó a amplias áreas de Europa y Asia. En 2011 un estudio llevado a cabo por Greenpeace mostró que los alimentos básicos cultivados en algunas zonas de Ucrania siguen contaminados 25 años después del accidente.

La noche del 19 de octubre de 1989, **la central nuclear de Vandellós 1 (Tarragona)** sufrió un incendio que afectó en cadena a un gran número de sistemas relacionados con la seguridad nuclear.

Noviembre de 2007 a enero de 2008 la central nuclear de Ascó (Tarragona) liberó sin control partículas radiactivas altamente peligrosas al exterior.

El desastre nuclear de Fukushima (marzo de 2011) ha demostrado que la teoría de la industria nuclear sobre su seguridad es falsa. Debido a las emisiones de material radiactivo, grandes áreas de terreno han quedado inhabitables y 150.000 personas han tenido que abandonar sus casas. Ha supuesto la mayor emisión de material radiactivo al mar de la historia. (GREENPEACE Greenpeace España, 2017)

Gran parte de lo que se conoce acerca del cáncer causado por exposición a radiación por accidentes de plantas nucleares de electricidad proviene de la investigación del desastre en abril de 1986, en Chernóbil, en lo que es ahora Ucrania. Los isótopos radiactivos liberados durante el accidente de Chernóbil fueron el I-131, el Cs-137 y el Sr-90. (NIH Instituto nacional del cancer, 2011)

Aproximadamente 600 trabajadores que se encontraban en la planta nuclear de electricidad durante la emergencia estuvieron expuestos a dosis de radiación muy altas y padecieron lesiones por radiación. Todos los que recibieron más de 6 *grays* (Gy) de radiación se enfermaron inmediatamente de gravedad y murieron a consecuencia. Quienes recibieron menos de 4 Gy tuvieron una mayor posibilidad de sobrevivir. (Un Gy es una medida de la cantidad de radiación absorbida por el cuerpo de una persona).

Cientos de miles de personas que trabajaron como parte del personal de limpieza en los años posteriores al accidente estuvieron expuestas a dosis externas más bajas de radiación ionizante, las cuales oscilaron entre 0,14 Gy en 1986 y 0,04 Gy en 1989. En este grupo de personas, hubo un riesgo mayor de leucemia.

Alrededor de 6,5 millones de residentes de las áreas contaminadas en las cercanías de Chernóbil estuvieron expuestos a concentraciones de radiación mucho más bajas. De 1986 a 2005, estas personas recibieron una dosis acumulada promedio de 0,0092 Gy de fuentes externas e internas de radiación. Los niños y los adolescentes expuestos al I-131 mostraron un riesgo mayor de presentar cáncer de tiroides. (NIH Instituto nacional del cancer, 2011)

3.4.7.- PRODUCCIÓN Y RESERVAS DE URANIO

El uranio es geológicamente un producto básico generalizado y son conocidos numerosos afloramientos y ocurrencias en muchas partes del mundo, los yacimientos más importantes de uranio han sido descubiertos en relativamente pocos países, donde solo 4 de estos países son naciones industrializadas: Australia, Canadá, Sudáfrica y Estados Unidos. Además de la gran cantidad de recursos de uranio, estos cuatro países representan también más del 80% de la producción de uranio de los últimos 30 a 40 años. Namibia y Nigeria, en cierta medida Brasil y últimamente Kazajstán, alcanzaron sus altos niveles de recursos de uranio por la intensa actividad de exploración de las empresas mineras de los países industrializados. no es fortuito encontrar las tasas más altas de los recursos de uranio en los países desarrollados, los entornos políticos y económicos, complementarios a la geología favorable y una infraestructura desarrollada, estable y fiable han fomentado una intensa actividad de exploración. Así tenemos que el uranio se caracteriza por su alto grado de monopolismo. (SE, 2016)

Las cantidades de producto que se obtienen de un yacimiento a otro varía considerablemente según el yacimiento, estando en el 0.07% (España) al 11% (Canadá) de U₃O₈, esto es por cada 1000Kg (1tn) de mineral extraído se obtiene de 7 a 110kg de uranio, y de esta cantidad después de todo el proceso de refinado una mínima parte es usado. (SE, 2016)

Según información de la Asociación Mundial de Energía Nuclear, la producción mundial de uranio fue en el 2012 de 58,394 toneladas y el mayor productor fue la República de Kazajstán. Las cinco minas uraníferas más grandes hasta el año 2013 son la canadiense McArthur River (7.530 toneladas), las australianas Olympic Dam (3.386) y Ranger (3.146), la nigeriana Arlit (3.065) y la asiática Torkuduk (2.661). (SE, 2016)

Production from mines (tonnes U)

Country	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Kazakhstan	4357	5279	6637	8521	14020	17803	19451	21317
Canada	11628	9862	9476	9000	10173	9783	9145	8999
Australia	9516	7593	8611	8430	7982	5900	5983	6991
Niger (est)	3093	3434	3153	3032	3243	4198	4351	4667
Namibia	3147	3067	2879	4366	4626	4496	3258	4495
Russia	3431	3262	3413	3521	3564	3562	2993	2872
Uzbekistan	2300	2260	2320	2338	2429	2400	2500	2400
USA	1039	1672	1654	1430	1453	1660	1537	1596
China (est)	750	750	712	769	750	827	885	1500
Malawi					104	670	846	1101
Ukraine (est)	800	800	846	800	840	850	890	960
South Africa	674	534	539	655	563	583	582	465
India (est)	230	177	270	271	290	400	400	385
Brazil	110	190	299	330	345	148	265	231
Czech Republic	408	359	306	263	258	254	229	228
Romania (est)	90	90	77	77	75	77	77	90
Germany	94	65	41	0	0	8	51	50
Pakistan (est)	45	45	45	45	50	45	45	45
France	7	5	4	5	8	7	6	3
total world	41 719	39 444	41 282	43 764	50 772	53 671	53 493	58 394
tonnes U ₃ O ₈	49 199	46 516	48 683	51 611	59 875	63 295	63 084	68 864
percentage of world demand*	65%	63%	64%	68%	78%	78%	85%	86%

*WNA Market Report data

Figura 3.21.- Producción de uranio por país.

Fuente: (SE, 2016)

La producción global de concentrados de uranio se ha incrementado en un 25% entre 2008 y 2010 debido al significativo incremento de producción en Kazajstán y las reservas identificadas de uranio se han incrementado en un 12.5% desde 2008 (*“Libro Rojo”* NEA/OCDE- OIEA, 2011). Con datos a enero de 2011, las reservas conocidas son, por tanto, suficientes para suministrar uranio a todas las centrales nucleares del mundo más allá de 100 años en los requisitos actuales.

Veinte son los países que ostentan reservas superiores a las 50,000 toneladas de uranio, las reservas de uranio a nivel mundial se muestran en la Figura 3.22. (SE, 2016)



Figura 3.22.-Reservas mundiales de uranio.

Fuente: (SE, 2016)

3.5.-ENERGIA RENOVABLE.

Las energías renovables son: “todas aquellas energías derivadas de un proceso natural, las cuales son renovadas en una escala de tiempo humana”. Entre estas fuentes de energía están : la hidráulica, la solar, la eólica, la geotérmica, la oceánica y la de biomasa, las cuales existen debido a la energía de la radiación solar, la atracción gravitacional de la luna, el sol y el calor interno de la Tierra.

3.5.1 BIOMASA

Es una instalación industrial diseñada para generar energía eléctrica a partir de recursos biológicos. Así pues, las centrales de biomasa utilizan fuentes renovables para la producción de energía eléctrica.

En el anexo C se puede checar el funcionamiento de una central biomasa.

3.5.2 IMPACTOS DE LA ENERGÍA BIOMASA

IMPACTOS AMBIENTALES.

El término biomasa incluye desechos sólidos municipales, desechos de productos de la madera y de la industria alimentaria, residuos de la explotación maderera y de plantaciones de energía (esto es, árboles, plantas o biomasa acuática que se hace crecer para específicamente transformarla en energía). Algunas de las formas de generación eléctrica por medio de biomasa tienen impactos positivos en el medio ambiente, por ejemplo, la conversión de residuos municipales e industriales ayuda en la solución de los problemas de disposición final de los desechos. De manera similar, la recolección de residuos provenientes de las actividades madereras disminuye el riesgo de incendios forestales y facilita la rápida reforestación. El establecimiento de plantaciones energéticas a gran escala puede competir por la disponibilidad de tierra para la producción de alimentos y maderera y causa serias perturbaciones en los ecosistemas aun cuando se realice una gestión cuidadosa de la zona. Bajo esta óptica, si la biomasa ha de proporcionar una cantidad apreciable o más apreciable de la energía usada por el país, se requerirían millones de hectáreas de tierra para ello. Tal cambio o mutación en la agricultura no ha sido experimentado ni registrado a través de la historia y no es claro qué daño se produce en los suelos, si este es permanente o no y, de ser así, en qué medida, por las plantaciones energéticas intensivas. Podría decirse que la mayor barrera a las plantaciones energéticas proviene de la afectación de tierra para usos agrícolas, fundamental para la producción de alimentos, ya que este uso representa, el mayor valor agregado de la tierra con esta orientación primordial. La mayor parte de las formas secas de

la biomasa pueden ser quemadas para producir calor y electricidad. Tal combustión produce bajos niveles de emisiones de óxidos de azufre comparadas con las de la combustión de combustibles fósiles, pero dan lugar a altos niveles de emisiones de partículas y gases orgánicos. Sin embargo, estas emisiones se reducen considerablemente si se tiene una combustión completa, tal es el caso de instalaciones medianas y grandes que hacen uso de estos combustibles. De la experiencia reportada en la literatura general se deduce que los principales problemas asociados con las emisiones ocurren a consecuencia de la combustión incompleta en pequeñas instalaciones. (Aragón , 1997)

La biomasa puede ser convertida en combustibles líquidos y gaseosos por medio de procesos de conversión biológica y termoquímica. La conversión biológica produce metano y etanol y la termoquímica aceites y gas de síntesis. El gas de síntesis puede ser sujeto de una mejora incremental pasándolo a metano o metanol. Estas tecnologías de conversión dan lugar a varios niveles de efluentes (al aire o en forma líquida) y algunos de ellos requieren de grandes cantidades de agua. Es probable que la futura producción de electricidad a partir de la biomasa, si se da, sea a base de unidades a pequeña escala y por ello será necesario disponer de información adecuada de los impactos ambientales de tales unidades. En el futuro a corto plazo, el uso más favorable, desde el punto de vista económico y ambiental, de la biomasa para la generación de electricidad es aquella que combina la producción de energía con la remoción de desechos, en cuyo caso existe un balance entre los impactos ambientales positivos y negativos. (Aragón , 1997)

IMPACTOS SOCIALES.

El tratamiento para secado y manejo de la biomasa presenta diversos riesgos de salud a los trabajadores, en especial esto puede ocurrir con el manejo de desechos municipales donde se puede tener presentes bacterias patógenas y compuestos químicos tóxicos. (Aragón , 1997)

3.5.3 CENTRAL HIDROELÉCTRICA.

Las centrales hidroeléctricas son instalaciones que permiten aprovechar la energía potencial gravitatoria (masa a una cierta altura) contenida en el agua de los ríos, al convertirla en energía eléctrica mediante turbinas hidráulicas acopladas a generadores eléctricos. (unesa, unesa Asociación española de la industria eléctrica, 2017)

El funcionamiento de esta planta se puede consultar en el anexo D

3.5.4 IMPACTOS DE LA HIDROELECTRICIDAD

IMPACTOS AMBIENTALES

La hidroelectricidad da lugar a efectos ambientales de ambos tipos, positivos y /o negativos. Algunos de los aspectos positivos son dependientes del sitio de emplazamiento (por ejemplo, control de avenidas y regulación de flujos). La construcción de presas y la creación de lagos artificiales pueden tener impactos positivos o negativos, dependiendo del sitio, sobre el turismo y las actividades recreativas. Ellas pueden causar impactos adversos en el ciclo hidrológico, la calidad del agua, la ecología de los ríos, migración de peces, así como la destrucción de paisajes naturales valiosos y ecosistemas. Pero también, pueden tener efectos positivos dependiendo del sitio particular del emplazamiento. (Aragón , 1997)

En cuanto a la calidad del agua, las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua que deja una presa pueden diferir de manera significativa de las del agua que entra al reservorio. Las fluctuaciones estacionales de temperatura resultantes del régimen energético de la localidad pueden causar estratificación de la densidad, olores de aguas estancadas, reducción de oxigenación del agua y cambios en la calidad y cantidad de los sedimentos río abajo con impacto sobre la vida acuática presente. (Aragón , 1997)

En el mundo en general y en México en particular, en años recientes ha cobrado interés el potencial que existe para el aprovechamiento de esta fuente energética mediante desarrollo o aprovechamiento a pequeña escala, debido a que involucran el uso de tecnologías

relativamente simple, no requieren de grandes extensiones de terreno y parecen presentar otros beneficios ambientales al no requerir líneas de transmisión de alto voltaje, reemplazan otros combustibles que requieren de su transportación a la localidad y con ello implican riesgos de transportación y otros. (Aragón , 1997)

IMPACTOS SOCIALES

Uno de los principales problemas de este tipo de aprovechamientos estriba en la inundación de áreas productivas y de asentamientos humanos con el correspondiente desplazamiento de la población, su reubicación y adaptación al nuevo entorno, así como los problemas de compensación. Otro elemento importante, es el asociado con el debate y la reacción pública ante la potencial pérdida de tierras productivas. De nuevo, dependiendo del sitio del emplazamiento y su entorno socio-económico, otro impacto positivo o negativo podría ser el desarrollo del área debido a la apertura de medios de comunicación y transporte. (Aragón , 1997)

3.5.5 CENTRAL GEOTÉRMICA

Una planta geotermoeléctrica funciona de manera similar a una planta termoeléctrica convencional, a diferencia de las termoeléctricas convencionales que utilizan combustible como combustóleo, diésel, gas o carbón, las plantas geotermoeléctricas no requieren de ningún combustible fósil o nuclear, ni requieren de una caldera para producir vapor de agua, sino que aprovechan el producido por los yacimientos geotérmicos. (SENER, Recursos renovables para la producción de electricidad en México., 2014)

El funcionamiento de esta planta se puede consultar en el anexo E.

3.5.6 IMPACTOS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA.

IMPACTOS AMBIENTALES

La energía geotérmica puede tener efectos ambientales adversos sobre aire, agua y tierra. Los efectos específicos dependerán del sitio específico y podrán variar de acuerdo con las propiedades del reservorio y del diseño de la planta de generación eléctrica. Los contaminantes del aire son emitidos a través de la liberación del vapor geotérmico y de la liberación de gases no condensables. Como ya se mencionó, el tipo y cantidad de contaminantes liberados son específicos del emplazamiento y desde luego dependerán de la composición química del fluido geotérmico. Se considera que el sulfuro de hidrógeno (H_2S) es el efluente de mayor preocupación ya que es altamente tóxico. En el caso de la energía geotérmica, las concentraciones de H_2S están, por lo general, por debajo de los niveles tóxicos, pero el H_2S es un problema debido a su olor y a su reactividad química. Las implicaciones de esto último pueden incluir corrosión de metales, ennegrecimiento o manchado de pinturas y daños a la vegetación. Por ello se requiere su control en sitios específicos. El amoníaco (NH_3) no crea problemas por sí mismo debido a su rápida difusividad, a niveles aceptables, en la atmósfera mediante los diversos procesos atmosféricos. Sin embargo, si el NH_3 reacciona con otros compuestos químicos puede dar lugar a impactos ambientales perjudiciales; por ejemplo, el amoníaco puede reaccionar con el H_2S para formar sulfato de amonio, el cual es perjudicial al medio ambiente. De nuevo las condiciones específicas del sitio o emplazamiento pueden requerir de controles para este contaminante. Finalmente, en la porción de gases no condensable del vapor geotérmico se encuentran trazas de Radón-222, sin embargo no se ha establecido que ellos representen problema alguno para la operación de la planta. De cualquier manera sería conveniente y necesario realizar estudios sobre los posibles impactos del Radón al medio ambiente y a los seres humanos. En cuanto a residuos sólidos, la mayoría de las aguas geotérmicas calientes contienen grandes cantidades de sólidos disueltos y metales pesados. Por lo general estas aguas contienen soluciones de sodio, potasio y cloro con grandes concentraciones de sílices, boro, azufre, amoníaco, fluoruros y trazas de metales. Las aguas geotérmicas de desecho, previo tratamiento pueden ser reinyectadas al reservorio, evaporadas, desalinizadas y

reusadas, sin embargo, el método específico para disposición y/o aprovechamiento de estos desechos dependerá de las condiciones hidrológicas locales, de las necesidades o requerimientos de agua, de las disposiciones ambientales pertinentes y otros aspectos que salen del objetivo del presente trabajo. En México se tiene una importante experiencia en el desarrollo y operación de campos geotérmicos (de alta entalpía) para la producción de energía eléctrica y en el aprovechamiento de compuestos (KCl, LiCl y CaCl₂) que se encuentran en la salmuera de desecho (el primero de ellos se usa como fertilizante). Los hundimientos del terreno pueden representar un problema para el desarrollo de campos geotérmicos y, claramente, esto dependerá de la topografía del terreno y de la densidad de pozos. Los hundimientos de terreno parecen ser un problema para campos geotérmicos de fase líquida dominante; en el caso de los campos geotérmicos de fase vapor dominante, los hundimientos del terreno no parecen representar problema alguno, debido a que la formación de estos campos requiere de la presencia de roca que no es sujeta de compactación y hundimientos. Finalmente, otro de los problemas con el aprovechamiento de esta fuente de energía lo constituye el ruido que puede alcanzar niveles de 120 decibeles en la vecindad de pozos no silenciados. Con sistemas silenciadores se pueden tener niveles por debajo de los 100 decibeles y remover las altas frecuencias que se presentan. (Aragón , 1997)

IMPACTOS SOCIALES

Se considera que sus efectos directos sobre la salud humana van de un olor dañino a concentraciones de aproximadamente 0.2 mg/m³ a síntomas sistemáticos y muerte a concentraciones entre 1 000 y 2 250 mg/m³ con exposiciones entre 15 y 60 minutos. (Aragón , 1997)

3.5.7 CENTRAL EÓLICA

El parque eólico es una central eléctrica donde la producción de la energía eléctrica se consigue a partir de la fuerza del viento, mediante aerogeneradores que aprovechan las corrientes de aire. El viento es un efecto derivado del calentamiento desigual de la superficie de la Tierra por el Sol. (endesa, 2017)

En el anexo F se puede ver el funcionamiento de una central eólica.

3.5.8 IMPACTOS DE LA ENERGÍA EOLICA

IMPACTOS AMBIENTALES.

Los impactos ambientales provenientes del aprovechamiento de la energía del viento son, en general, de pequeña magnitud y se les clasifica en contaminación visual, por ruido, y otras. Los problemas de ruido originados por el aprovechamiento de la energía del viento provienen de dos aspectos, los originados por el generador y otros dispositivos y el originado por el flujo del aire a través de las aspas del rotor. También debe sumarse la posible pérdida de flora, debido al movimiento de tierras en la preparación de accesos al lugar y la realización de cimentaciones para aerogeneradores y edificios de control. Otro elemento de riesgo lo constituye la posibilidad de desprendimiento de las aspas de su estructura de soporte o del colapso de la estructura ante velocidades de viento que exceden las velocidades de diseño. (Aragón , 1997)

Según las condiciones climáticas y la magnitud de dichas instalaciones, las consecuencias nocivas de estas acciones pueden combatirse a través de un programa posterior de restauración de la cobertura vegetal. Una vez que termina la vida útil de los aerogeneradores que se estima en unos 25 a 30 años- se deben retirar los molinos y revegetarse los huecos que provocaron. Si no estén bien planificados, los parques eólicos contribuyen a la desaparición de la fauna, especialmente de las aves, señala la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves. (CIPAMEX). (CASTRO, 2011)

IMPACTOS SOCIALES

Los generadores eólicos producen niveles sustanciales de infrasonido y sonido de bajas frecuencias, la cercanía a granjas eólicas están causando creciente preocupación ya que algunos riesgos a la salud física y psicológica debido a exposiciones a infrasonidos incluyen el “síndrome de turbina eólica”. Algunos síntomas de este síndrome son alteraciones del

sueño, dolor de cabeza, molestia, irritabilidad y fatiga crónica. Aparecen a menudo cuando la persona está cerca de turbinas eólicas, o de una fuente de infrasonido, y desaparecen cuando se aleja. (Ecorli Liberto, 2017)

3.5.9.- ENERGÍA SOLAR

Las centrales solares son instalaciones destinadas a aprovechar la radiación del Sol para generar energía eléctrica. Existen 2 tipos de instalaciones con las que se puede aprovechar la energía del Sol para producir electricidad:

Una Central Termosolar es una instalación que permite el aprovechamiento de la energía del sol para la producción de electricidad. Tiene un ciclo térmico semejante al de las centrales termoeléctricas convencionales: la energía calorífica que se produce en un determinado foco es transformada en energía mecánica mediante una turbina y, posteriormente, en energía eléctrica mediante un alternador. La única diferencia es que mientras en las centrales termoeléctricas convencionales el foco calorífico se consigue por medio de la combustión de una fuente fósil de energía (carbón, gas, fuelóleo), en las solares, el foco calorífico se obtiene mediante la acción de la radiación solar que incide sobre un fluido. (unesa, unesa Asociación española de la industria eléctrica, 2015)

En la instalación fotovoltaica la obtención de energía eléctrica se produce a través de paneles fotovoltaicos que captan la energía luminosa del Sol para transformarla en energía eléctrica. Para conseguir la transformación se emplean células fotovoltaicas fabricadas con materiales semiconductores. (endesa, 2017). En el anexo G y H se pueden checar el funcionamiento de estas centrales

3.5.10 IMPACTOS DE LA ENERGÍA SOLAR

IMPACTOS AMBIENTALES

A menudo se considera que las grandes extensiones de tierra que se requieren para el emplazamiento de grandes plantas solares centralizadas próximas a los sitios de uso final, en

su versión térmica y fotovoltaica, constituye la mayor desventaja para esta fuente de energía. En general los residuos al aire y agua, sólidos resultantes del uso de la energía solar son despreciables, sin embargo accidentes, emergencias o la limpieza periódica de unidades térmicas solares pueden liberar contaminantes dependiendo de los fluidos empleados. Se estima que los desechos de calor de plantas térmicas solares son mucho menos significativos que los de los combustibles fósiles o de plantas nucleares. Existen reportes que indican afectaciones a la ecología local, en especial si la planta se ubica en áreas desérticas. (Aragón , 1997)

En el caso de plantas de generación por medios fotovoltaicos no existen, por lo general, descargas contaminantes al aire, existe, sin embargo, la posibilidad de descargas de alto voltaje que originen ozono y humos de la combustión o quemado de plásticos. Por otra parte, si en la limpieza de los arreglos fotovoltaicos se emplean detergentes se presenta una demanda de oxígeno en el agua, si se requieren herbicidas también se presenta una demanda de oxígeno. Finalmente, no se espera generación de desechos sólidos, sin embargo, al desmantelar la planta se esperaría contribución de desechos sólidos, tales como: concreto, silicio, barnices y vidrio que tendrían que ser apropiadamente dispuestos. Dependiendo de la eficiencia y economía de los procesos de recuperación, se podría reciclar el silicio de las celdas fotovoltaicas. Quizás el desarrollo futuro más probable de la generación eléctrica por medios solares se ubique en las aplicaciones a pequeña escala a través de la disposición de dispositivos fotovoltaicos más eficientes y menos costosos. Los efectos ambientales de su uso son, principalmente, de carácter positivo en el sentido de que podrían reemplazar la electricidad generada por otros medios, tal vez más contaminantes. Sin embargo, es conveniente reconocer que, desde el punto de vista de ciclos de combustibles y ciclos secundarios de materiales, los impactos ambientales indirectos son más importantes y son de carácter tóxico, tal vez más que para otras fuentes. Estos impactos indirectos se ubican en los ciclos secundarios de la producción de materiales y componentes, de su instalación y su disposición final al término de su vida útil. (Aragón , 1997)

USO DEL SUELO

Dependiendo de su localización, las plantas solares más grandes pueden provocar una degradación del suelo y pérdidas de hábitats. Las necesidades totales de suelo varían en función de la tecnología, la topografía de la zona y la intensidad de la radiación. En una instalación de solar fotovoltaica, las necesidades son de 2 ha por megawatio instalado en el caso de paneles solares policristalinos y de 5 ha/MW para paneles de capa fina. Si se trata de energía solar de concentración, las necesidades de terreno son algo mayores llegando a las 6 ha/MW. (Energías Renovables, 2015)

A diferencia de los parques eólicos, los huertos o plantas solares están más restringidos en cuanto a usos simultáneos, por ejemplo, con la agricultura o la ganadería. Sin embargo, el impacto sobre el suelo podría verse minimizado si se destinasen a la implantación de huertos solares aquellas áreas más degradadas o campos de cultivo abandonados por su baja productividad. Por supuesto, las instalaciones más pequeñas en hogares o industrias no ocasionan impacto alguno sobre el terreno al situarse normalmente en las cubiertas de las edificaciones existentes. (Energías Renovables, 2015)

IMPACTO SOCIALES

En el proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos se usan numerosas sustancias peligrosas, muchas de las cuales se emplean para purificar y depurar la superficie semiconductor de los paneles. Estas sustancias químicas, similares a las usadas en la industria de los semiconductores, incluyen ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico, fluoruro de hidrógeno, tricloroetano y acetona. La cantidad y la sustancia en concreto que se usa dependen el tipo de célula solar a fabricar, el grado de pureza que se necesita, y el tamaño de la lámina de silicio. (Energías Renovables, 2015)

La gran mayoría de los paneles fotovoltaicos o células solares hoy comienzan como cuarzo, la forma más común de sílice (dióxido de silicio), que se refinó en silicio elemental. El cuarzo se extrae de las minas, poniendo a los mineros en riesgo de uno de los peligros más antiguos de la civilización ocupacional, la enfermedad pulmonar silicosis. (Mulvaney, 2014)

Los trabajadores se exponen a riesgos por inhalación de polvo de silicio. Por ello, en el proceso de fabricación se deben garantizar unas condiciones laborales seguras para los trabajadores y que los productos usados y residuos, se gestionan adecuadamente.

Los paneles fotovoltaicos de capa fina contienen un mayor número de sustancias tóxicas respecto a los paneles de silicio tradicionales. En su fabricación se emplean arseniuro de galio, diseleniuro de cobre-indio-galio, y telurio de cadmio. Si no se manejan y se desechan apropiadamente, estas sustancias químicas pueden ocasionar un serio problema de contaminación ambiental y amenazar la salud pública. (Energías Renovables, 2015)

Asimismo, en las termosolares se reportan algunos riesgos para las personas debido a posible exposición accidental de la retina humana a intensidades solares varias veces por más de unos cuantos segundos. (Aragón , 1997)

3.6 POTENCIAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO

En la figura 3.25 se muestra que México cuenta con un enorme potencial para aprovechar recursos renovables. Según el Inventario Nacional de energías Renovables, se reconoce potencial probado y probable de generación de 100.278 GWH por año, es decir, el 33% de los 301.46 GWH generados en el 2014. El potencial posible adicional sin contar la solar (195.278 GWH) representa el 65 % de la generación del 2014. (SENER, Prospectiva de energías renovables 2015-2029, 2015)

2014 (GWh/ año)				
	Generación 2014	Potencial Probado	Potencial Probable	Potencial Posible
Hidroeléctrica	38,822	4,457	23,028	44,180
Eólica	6,426	15,307	-	87,600
Geotérmica	6,000	1,932	45,207	52,013
Solar	85	8,171	-	6,500,000
Biogás	148	728	391	11,485
Oceánica			1,057	
TOTAL	51,481*	30,595	69,683	>195,278**

*/El total incluye la generación por bagazo y la cogeneración eficiente, que no se muestran en la tabla.

**/ No incluye el potencial posible para energía solar, estimado en más de 6 millones de GWh/año.

Fuente: SENER, INERE.

Figura 3.23.-Generación actual y potencial de generación con energías renovables.

Fuente (SENER, Prospectiva de energías renovables 2015-2029, 2015)

3.7 COSTOS DE GENERACIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍA

3.7.1.-COSTO GENERACIÓN DE LAS CENTRALES TERMOELECTRICAS Y NUCLEOELECTRICAS.

El costo nivelado de generación de energía eléctrica o LCOE de las centrales termoeléctricas y nucleares están directamente relacionado con el tipo de combustible.

En el 2013 generar un MWH con diésel en promedio costaba 990 pesos. Generar un MWH con combustóleo costó, en diciembre 2014, 1,946 pesos, en cambio, generar este mismo MWH en una planta convertida a gas natural, costó 636 pesos, mientras que generarlo en una nueva planta de ciclo combinado que funciona con gas natural pero con tecnología de punta, costó 438 pesos. (CFE, Informe anual, 2014) , en una central nuclear generar un MWH costo 1369.13 pesos (IMCO, 2015) y finalmente para el coque de petróleo fue de 76.1USD/MWH (Mariño Lopez, 2014).Estos números pueden convertir en dólares si tomamos en cuenta su precio en promedio en el año 2014 que fue de 13.1529 pesos y en el 2013 13.3137 pesos (investing.com, 2016), dicha conversión no dará la siguiente tabla:

COMBUSTIBLE	COSTO NIVELADO DE GENERACIÓN MXN\$/MWH	COSTO NIVELADO DE GENERACIÓN \$USD/MWH
CARBÓN	1226.40	93.24
COMBUSTOLEO	1,946	146
GAS NATURAL	636	48
GAS NATURAL (CICLO COMBINADO)	438	33
COQUE	1012.89	76.1
DIÉSEL	990	74.35
URANIO	1369.13	104.09

Tabla 3.3.- Costo nivelado de generación (LCOE) los combustibles fósiles*

Fuente: (IMCO, 2015) (CFE, Informe anual, 2014) , (Mariño Lopez, 2014)

*Elaboración propia.

3.7.2 COSTO NIVELADO DE GENERACIÓN DE LAS CENTRALES DE ENERGÍA RENOVABLES

En 2010 y 2011, la mayoría de las tecnologías experimentaron un crecimiento tanto en la fabricación de equipos como en las ventas e instalación. La reducción de los costos de las tecnologías que aprovechan las fuentes renovables de energía ha propiciado altas tasas de crecimiento en la industria manufacturera, en particular en la tecnología solar fotovoltaica; la reducción de costos en las turbinas eólicas y las tecnologías de procesamiento de biocombustibles también contribuyeron en ese sentido. Al mismo tiempo, hubo una mayor consolidación del sector, especialmente en la industria de la biomasa y biocombustibles, empresas tradicionales que migraron al área de las energías renovables convirtiéndose en empresas más fuertes. (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

En algunos casos los costos típicos de capital y el costo nivelado de generación para diferentes grupos de tecnologías de energías renovables se han ido acercando cada vez a los de las energías convencionales (ver figura 3.26 y figura 3.27). (SENER, Prospectiva de Energías Renovables , 2012)

Costos de Oportunidad de Diferentes Formas de Energía.

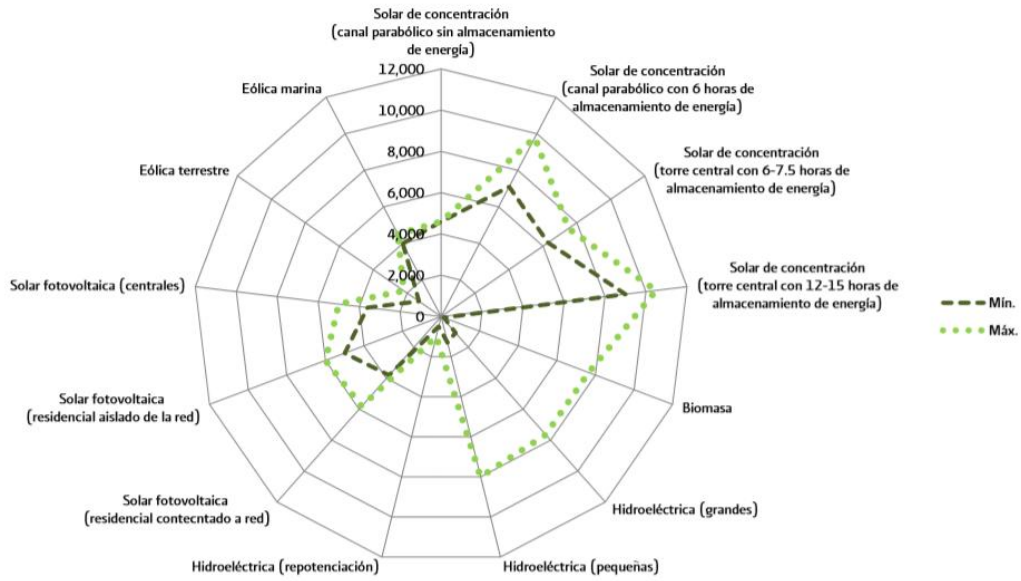


Figura 3.24.-Costos típicos de instalación de energías renovables (USD 2010/kW)

Fuente: (SENER, Prospectiva de Energías Renovables , 2012)

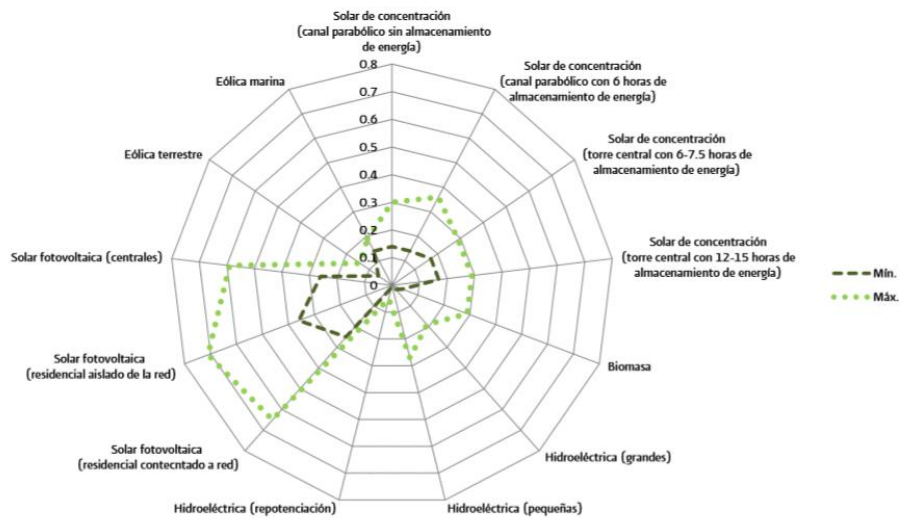


Figura 3.25.-Costos nivelados de energía generada típicos a partir de fuentes renovables (USD 2010/KWH)

Fuente: (SENER, Prospectiva de Energías Renovables , 2012)

En la Tabla 3.4 se observa el costo nivelado de generación de las fuentes de energía renovables a nivel internacional y nacional en el año 2014. El precio del dólar en promedio en el año 2014 fue de 13.1529 (investing.com, 2016)

TIPO DE TECNOLOGÍA RENOVABLE	COSTO INTERNACIONAL \$USD /MWH 2014	COSTO NACIONAL MXN\$/MWH 2014	COSTO \$USD /MWH 2014
HIDRÁULICA	30- 160	289.77	174.09
GEOTÉRMICA	40-120	1580.46	120.16
EÓLICA	60-150	1221.40	92.86
SOLAR	80-350	2630.66	200
BIOGÁS	60-160	1446.5	110
BAGAZO	50-150	1315	100

Tabla 3.4.-Costo nivelado de generación (LCOE) de las fuentes renovables 2014*

*Elaboración propia en base a: (IMCO, 2015) (IRENA, RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2014, 2015)

3.6.3-COSTOS DE LAS FUENTES DE ENERGÍA EN EL FUTURO

El costo nivelado de generación de las fuentes renovables muestra un panorama alentador para utilizar e impulsar esta forma de energía, mientras que para las fuentes no renovables los costos muestra un alza debido a la disminución de reservas que se tiene con el paso del tiempo, esto se puede observar en las siguientes tablas:

TIPO DE TECNOLOGÍA RENOVABLE	COSTO INTERNACIONAL 2025 \$USD/MWH	COSTO MÉXICO 2030 \$USD/MWH
HIDRÁULICA	30-160	95-120
GEOTÉRMICA	40-120	55-75
EÓLICA	50-100	70-90

SOLAR	80-160	100-125
BIOGÁS	60-140	40-50
BAGAZO	50-110	65-80

Tabla 3.5.- Costo nivelado de generación (LCOE) para las fuentes renovables 2030.

Elaboración propia. Basada en Fuente: (Dolf Gielen (IRENA), 2015) (IRENA, RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2014, 2015)

TIPO DE FUENTE	COSTO \$USD/MWH
NO RENOVABLE	2030
COMBUSTÓLEO*	317
DIÉSEL	185-220
URANIO *	140
CARBÓN	90-110
GAS NATURAL	70-90
CICLO COMBINADO	62-77

Tabla 3.6.- Costos de generación (LCOE) para las energías no renovables 2030.

Elaboración propia, Basada en: (Dolf Gielen (IRENA), 2015) (PWC, 2015)

*Estos costos fueron calculados con la teoría de mínimos cuadrados ver anexo I.

3.7.-VIDA ÚTIL DE LA TECNOLOGÍA PARA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

Las fuentes de energías renovables y las convencionales necesitan de tecnología que transforman ciertos recursos naturales en energía y electricidad. La vida útil económica de esta tecnología es un aspecto muy importante para evaluar el costo-beneficio que tendrá a corto y largo plazo, así como si vale la pena la inversión en cierta fuente más que en otra.

Tanto a nivel industrial como a nivel doméstico es conveniente conocer la vida útil de cada una de ellas:

Turbina o aerogenerador eólico terrestre: Esta tecnología dura alrededor de 20 años con poco gasto de mantenimiento.

Turbina o aerogenerador eólico marino: Estas turbinas son más fuertes que las terrestres ya que las condiciones climáticas en el mar son difíciles por lo que deben ser más resistentes para alcanzar los 20 años de vida.

Central eléctrica a carbón: De 25 años a 40 años dependiendo la antigüedad de la planta ya que las más nuevas tienen mayor expectativa de vida que las antiguas.

Central eléctrica atómica o nuclear: Las centrales nucleares tienen una vida de 40 años pero con mantenimiento se puede extender algunos años más.

Centrales hidroeléctricas: Este tipo de centrales tienen una vida útil muy variable que puede ser de 30, 60,45 y 150 años. Esto dependerá del tipo de represa y construcción, tamaño y de otras variables ambientales como la sedimentación y erosión que pueden reducir hasta más de la mitad su vida útil. (RENOVABLESVERDES, 2017)

Paneles solares que existen en el mercado tienen una garantía de 20 a 25 años, sin embargo se considera que pueden tener una vida útil de hasta 40 años, donde su desempeño si puede disminuir pero no una disminución tan notable, algunos paneles pueden producir hasta el 80% de su producción inicial después de los 40 años. (MUNDO SOLAR, 2017)El tiempo previsto de vida útil de las plantas de energía geotérmica alrededor del mundo es de 25 a 30, aunque existen excepciones que han estado en operación por más de 30 años. (EVOLUCIÓN DE COSTOS ERNC, 2017)

CAPÍTULO 4 DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN DEL MODELO SISTÉMICO

4.1.-DESCRIPCIÓN

Para desarrollar una estrategia que determine el costo de oportunidad de las fuentes renovables a través de casos generados en el SEN, y lograr establecer que en el sector económico .ambiental y social es mejor opción que el de las energías no renovables es necesario desarrollar las siguientes etapas:

- 1.-Diagnosticar la problemática.
- 2.-Identificar los aspectos social, económico y ambiental de las fuentes de energías renovables y no renovables a través del método sustentable.
- 3.-Estimar los aspectos social económico y ambiental a través la metodología FODA para obtener posibles soluciones.
- 4.-Implementar las posibles soluciones en el SEN para la prospectiva del 2029.
- 5.-Evaluación.

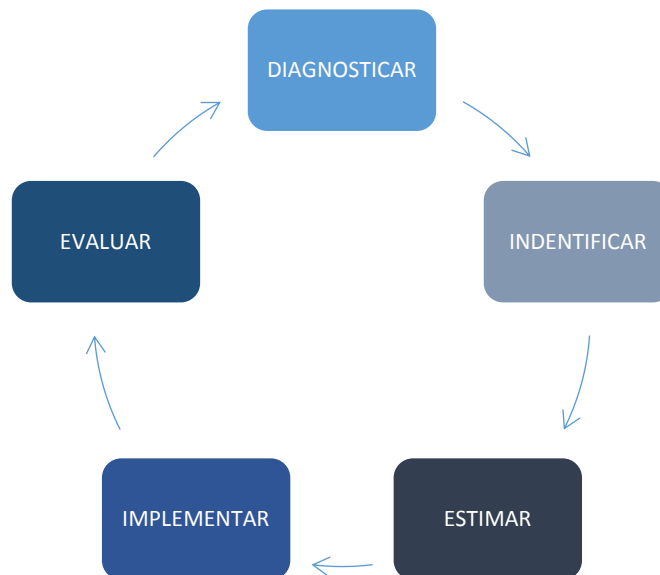


Figura 4.1.-Modelo sistémico para determinar el costo de oportunidad*

*Elaboración propia

4.1.1 DIAGNOSTICAR E IDENTIFICAR LOS ASPECTOS SOCIALES ECONÓMICOS Y AMBIENTALES.

Los primeros dos pasos para realizar un sistema que determine el costo de oportunidad de las fuentes renovables y no renovables, consiste en reconocimiento de la demanda eléctrica nivel mundial y nacional, además de la identificación de los aspectos económicos sociales y ambientales de cada una de las fuentes de energía eléctrica empleada en el SEN para satisfacer la demanda eléctrica. La obtención de los aspectos se hará mediante los registros de la CFE, SENER, IRENA y páginas web especializadas en los temas. El principal problema de estos registros además de la inconsistencia es la falta de una integración de los tres pilares de la sustentabilidad en cada una de las fuentes de energía eléctrica es por ello que se debe realizar una búsqueda exhaustiva para poder aplicar el método sustentable.

Una vez obtenidos los datos se aplicara el método sustentable para poder clasificarlos en los tres pilares del método (económico, social y ambiental), y determinar que fuente de energía eléctrica satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades y que fuente de energía eléctrica presenta un desequilibrio que pueda comprometer el medio ambiente, los recursos naturales, o la calidad de vida de los seres humanos y demás especies del planeta.

4.1.2.-ESTIMAR LOS ASPECTOS SOCIALES ECONÓMICOS Y AMBIENTALES A TRAVÉS LA METODOLOGÍA FODA PARA OBTENER POSIBLES SOLUCIONES

Una vez identificados cada uno de los aspectos económicos sociales y ambientales de cada una de las fuentes de energía eléctrica empleada en el SEN, se desarrollara la metodología FODA para cada una de las fuentes de energía eléctrica que presentan un desequilibrio y equilibrio en los tres pilares del método sustentable. El FODA establecerá la situación actual y futuro de cada fuente de energía eléctrica, esto reforzado con el resultado del método sustentable ayudara a tener una mejor visión en posibles soluciones en una prospectiva a corto, mediano y largo plazo de satisfacción de demanda eléctrica para la SEN.

4.1.3.-IMPLEMENTACIÓN

Una vez identificadas las fuentes de energía eléctrica que mejor satisfacen en el aspecto económico social y ambiental, se establecerán con ellas, opciones que reemplacen a las fuentes de energía eléctrica que presentan un desequilibrio en los tres pilares de la sustentabilidad, con estas estas opciones se determina el mejor costo de oportunidad de las fuentes de energía para satisfacer la demanda eléctrica en el SEN.

4.1.4.-EVALUACIÓN

La parte importante de esta etapa es saber si la implementación arroja resultados positivos de acuerdo al costo de oportunidad en los tres pilares de la sustentabilidad. Verificar si las fuentes de energía eléctrica implementadas reducen los daños al medio ambiente, los recursos naturales, o la calidad de vida de los seres humanos y demás especies del planeta, además de ser una buena opción económica.

4.2.-APLICACIÓN DEL MODELO PROPUESTO

Este modelo pretende utilizar una visión sistémica para ubicar en el contexto económico, social y ambiental las diversas fuentes de energía eléctrica que se emplean en México para satisfacer demanda eléctrica.

MODELO DE DESARROLLO SUSTENTABLE.

Cifras publicadas en el WEO, se espera que la demanda de electricidad a nivel mundial, se incremente en más del 71.1% entre 2013 y 2040, de unos 20, 144.0 TWH en 2013 a casi 34,457.0 TWH en 2040 lo que representa una tasa media de crecimiento anual de 2.0%. Ver figura 4.2.

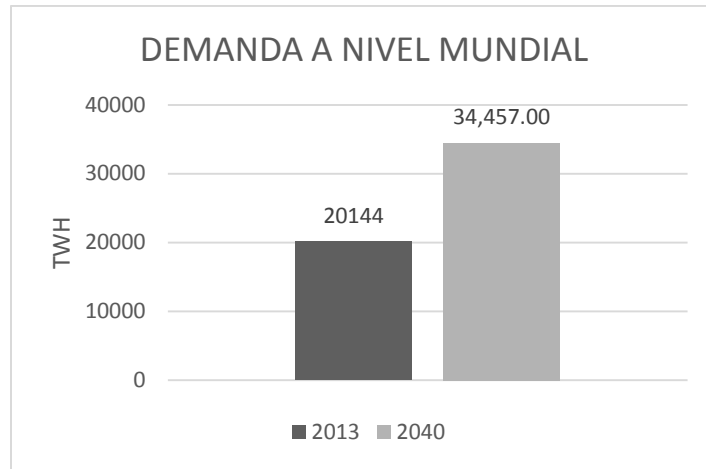


Figura 4.2.- Demanda eléctrica a nivel mundial 2013-2040*

*Elaboración propia.

De la figura 3.1 se pronostica que la demanda eléctrica a nivel mundial incrementara casi el 44% para el periodo 2013-2030, el aumento de demanda eléctrica del año 2000-2030 se observa en la figura 1.1.

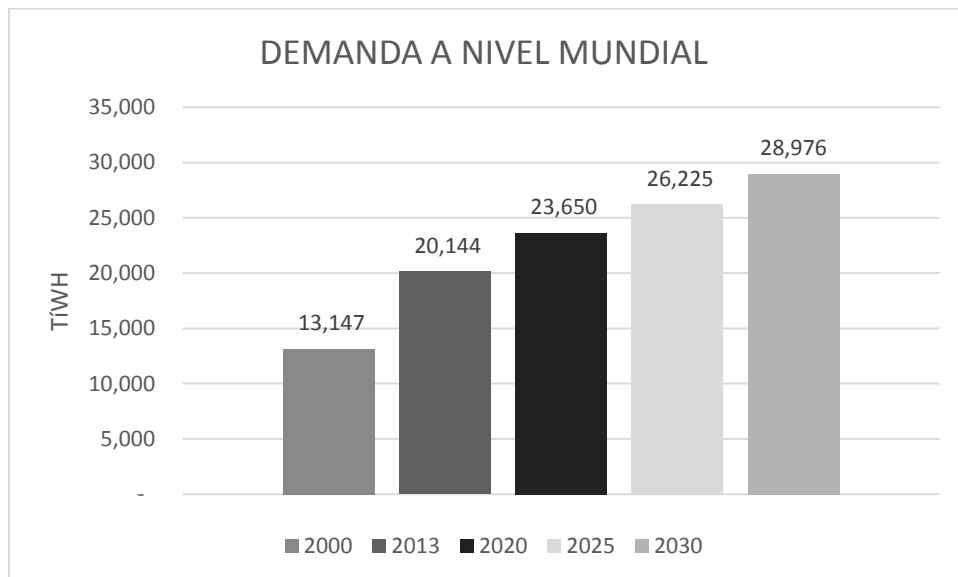


Figura 1.1.- Demanda eléctrica a nivel mundial 2013-2030*

*Elaboración propia.

En México las estimaciones de demanda de energía eléctrica, se proyecta un crecimiento anual medio de 4.0%, para los próximos 15 años (ver figura 3.9).

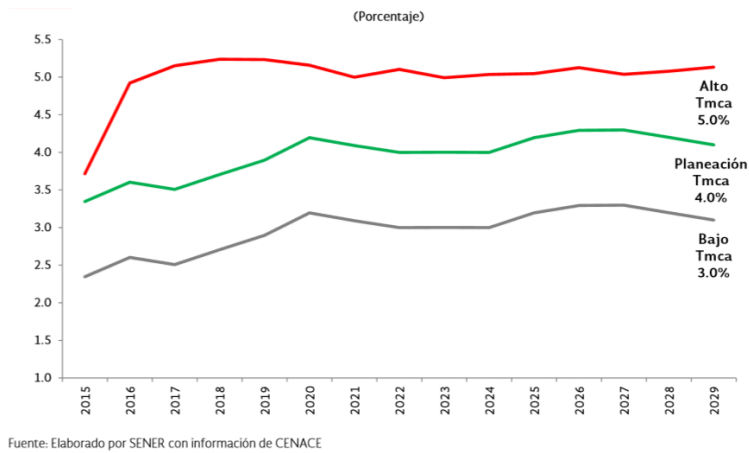


Figura 3.9.-Crecimiento anual esperado de demanda máxima 2015-2029 del SEN.

Este incremento de demanda eléctrica provocara un aumento de generación eléctrica para poder satisfacerla. En 2014, la generación de energía eléctrica en México era de 301,462.0 GWH y se espera que, para el año 2029, se incremente 56.1%, para ubicarse en 470,431.7 GWH.

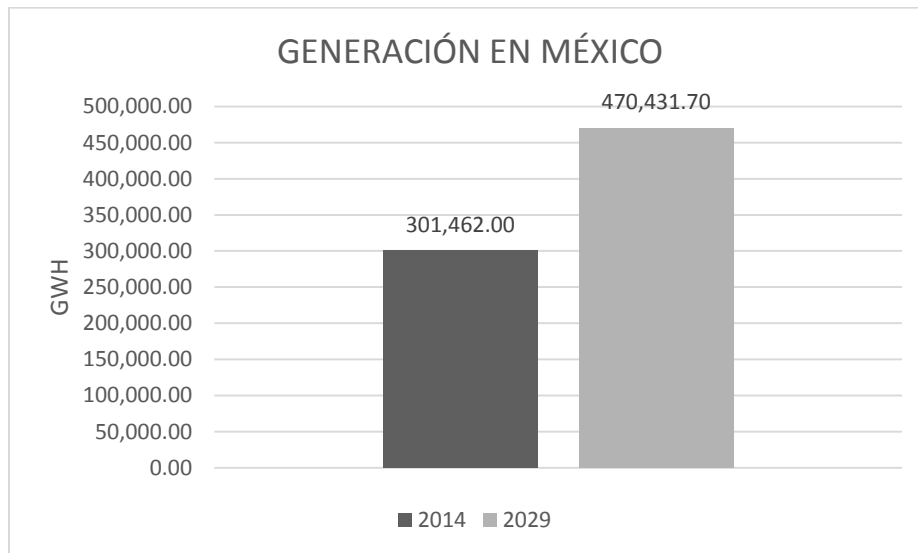


Figura 1.2.- Generación eléctrica en México 2013-2029*

*Elaboración propia.

Al final de 2014, el SEN tenía una capacidad instalada eléctrica de 65,451.8 MW, este parque de generación está distribuido con el 74.1% de tecnologías que emplean combustibles fósiles (48,530 MW) y 25.9% de tecnologías limpias (16,921 MW).

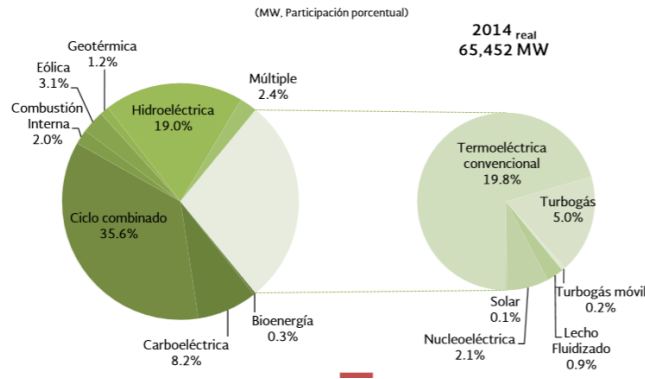


Figura 3.5.-participacion de tecnologías en la capacidad de generación 2014

Fuente:(SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

En 2014, la generación total de energía se ubicó en 301,462.0 GWh, para generarlos se emplearon diversas tecnologías, en la figura podemos observar la participación porcentual de cada una de ellas para satisfacer la demanda.

FIGURA 4. 19. PARTICIPACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD, 2014 Y 2029 (GWh, Porcentaje)

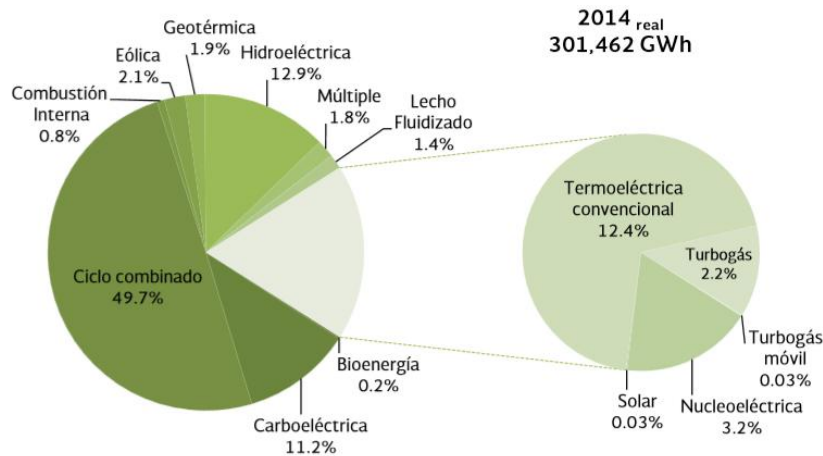


Figura 3.7.-Participación de tecnologías en la generación de electricidad 2014

Fuente:(SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

Las fuentes de energía empleadas para generar 301.462 GWh fueron las siguientes:

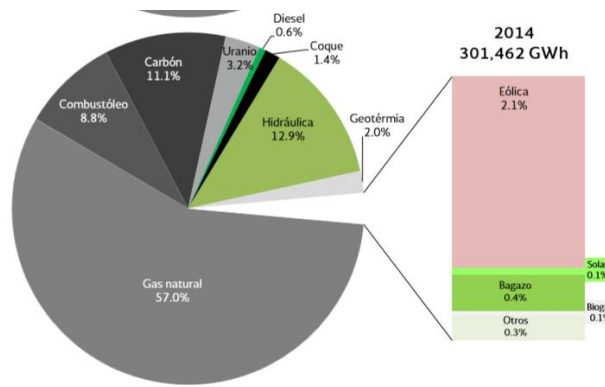
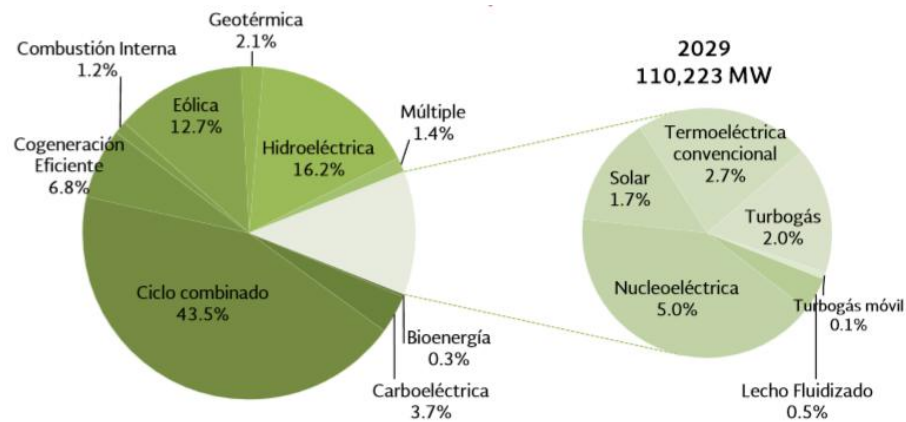


Figura 3.8.- Fuentes empleadas en el SEN en 2014.

Fuente: (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

En el 2029 se tendrá una capacidad de generación eléctrica de 110, 223.1 MW



La tecnología llamada *Múltiple*, hace referencia a la combinación de dos o más tecnologías convencionales y limpias.
Fuente: Información de PRODESEN, SENER.

Figura 3.14.- Capacidad instalada por fuente de energía 2029.

Fuente (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

En el año 2029 la tecnología de fuentes no renovables que seguirá dominando es el ciclo combinado con 55%, la energía nuclear tendrá 8.2 % de participación, en las fuentes renovables las que tendrá mayor participación son la hidráulica y eólica con el 11 .6 % y 8.6 respectivamente

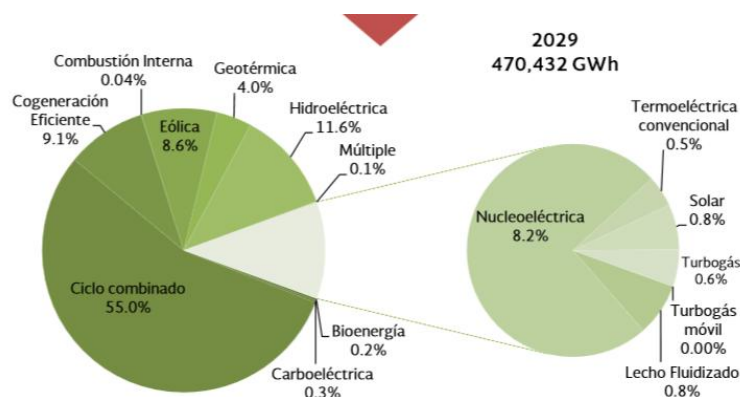


Figura 3.15: Generación por tecnología 2029

Fuente (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029, 2015)

Se puede observar en la proyección que se tiene en el sistema eléctrico nacional (SEN) para el año 2029, la demanda y la generación eléctrica aumentara por esta razón es importante la aplicación del modelo de desarrollo sustentable, el cual ayudara identificar los impactos ambientales sociales y económicos, que se tienen y se tendrán al hacer uso de las fuentes no renovables y renovables para saciar la demanda con generación eléctrica.

APLICACIÓN DEL MODELO DE DESARROLLO SUTENTABLE

PILAR DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

En primer lugar se evalúa la situación ambiental, las diferentes fuentes de energía eléctrica (renovable y no renovable) se examinan en el pilar de sostenibilidad ambiental, el cual estudia la conciliación entre las actividades humanas y la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas. Se mantienen los niveles de explotación de los recursos naturales sin llegar a su límite y sin que haya un descenso del recurso en su esencia. Se pretende evitar el agotamiento de los recursos no renovables, difíciles o lentamente renovables; además de evitar la generación de residuos y emisiones contaminantes.

Un tema de vital importancia en la actualidad es el cambio climático y los gases de efecto invernadero, establecer las causas que los provocan y ubicar que lugar se encuentra México con el resto del mundo.

Verificar si dentro de las causas de los GEI se encuentra demanda de electricidad y que daños ocasiona al medio ambiente las diferentes plantas generadoras para satisfacer dicha demanda en México.

Hay una certeza del 90% de que la causa del calentamiento es el aumento de gases de efecto invernadero (GEI) que resultan de las actividades humanas como la quema de combustibles fósiles (carbón, gasolina, gas natural y petróleo) y la deforestación, Un informe del IPCC estima que durante el próximo siglo la temperatura del planeta aumentara entre 1.1 y 6.4 grados como consecuencia de la acumulación de GEI. Esto ocasionaría entre otras cosas, aumentos en la frecuencia de olas de calor y en la intensidad en los ciclones, mayores precipitaciones e inundaciones e incrementos en el nivel del mar.

Los GEI son resultado de las actividades de la sociedad que habita cada uno de los países, en la **Tabla 3.1** se observan los 10 países que emiten más emisiones de CO2.

Lugar	País	Porcentaje (%)
1	China	25.36
2	Estados Unidos	14.4
3	Unión Europea	10.16
4	India	6.96
5	Rusia	5.36
6	Japón	3.11
7	Brasil	2.4
8	Indonesia	1.76
9	México	1.67
10	Irán	1.65

Tabla 3.1.-Los 10 países con mayor emisión de CO2

Fuente: (Ecoosfera, 2016)

De acuerdo a este informe México se encuentra en novena posición de los países con mayor emisión de CO2 en el mundo. Dentro de las actividades humanas se encuentra la demanda

de energía, que está aumentando a nivel mundial, provocando que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del sector energético también aumenten. La demanda eléctrica se satisface con generación de energía eléctrica, que después del sector transporte, es el mayor emisor de dióxido de carbono (CO₂) y que se ha incrementado con el aumento de la demanda de electricidad. A lo largo de los años se ha demostrado que el crecimiento económico está estrechamente relacionado con una creciente demanda de electricidad, pero el alcance de la vinculación depende del nivel de desarrollo económico de cada país.

La emisión de CO₂ en la generación eléctrica está estrechamente relacionada con la fuente energética a emplear, la mayor cantidad de emisiones proviene de las fuentes no renovables (gas natural, carbón, petróleo y sus derivados) empleadas en las centrales termoeléctricas, por su parte una central nuclear de forma operativa no emite CO₂, pero toda la actividad que implica la extracción del uranio que sirve como combustible es una de las actividades que proporcionalmente más CO₂ a lo que hay que sumar el emitido durante el proceso de enriquecimiento del uranio y la construcción de la planta. (Öko-institut e.V., 2006).

Las fuentes renovables también emiten CO₂ muchos de los casos en la construcción de la central, fabricación o extracción de los materiales que emplean las diversas fuentes. Cuando se fabrica una central de energía solar fotovoltaica se produce una huella de 34,3 g CO₂ por cada KWH de energía eléctrica generada. (reve Revista eólica y vehículo eléctrico, 2014)

Una planta geotermoeléctrica estándar, que aprovecha un yacimiento geotérmico hidrotermal, no emite bióxidos de azufre ni de nitrógeno a la atmósfera y en promedio su emisión de CO₂ es de unos 122 gramos por kilowatt-hora eléctrico generado (CeMIEGeo Centro mexicano de innovación en energía geotérmica., 2016)

En la siguiente tabla se muestra algunas fuentes de energía y la emisión de CO₂ en g/KWH producido en las diferentes centrales eléctricas.

FUENTE DE ENERGÍA	DE EMISIONES DE CO2 g/KWH
CARBÓN	957
COQUE	871
COMBUSTÓLEO	795
DIÉSEL	565
GAS NATURAL	535
CICLO COMBINADO	359
GEOTÉRMICA	122
URANIO	45
SOLAR	34.3
HIDRÁULICA	20
EÓLICA	20

Tabla 3.2.-Emisiones de CO2 por fuente de energía.

Elaboración propia. Basada en: (Llamas, 2004) (CeMIEGeo Centro mexicano de innovación en energía geotérmica., 2016) (reve Revista eólica y vehículo eléctrico, 2014)

Las fuentes no renovables y renovables no solo emiten CO2, también causan impactos en el ambiente los cuales los podemos observar en la siguiente tabla:

Tabla 4.1.-Tabla comparativo del pilar sostenibilidad ambiental

FUENTE DE ENERGÍA	CARACTERÍSTICA
TÉRMICA	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de tierra y agua • Emisiones a la atmósfera (SOx, NOx, CO, COZ, HC, trazas de elementos, partículas, radionúclidos, etcétera) • Transporte a larga distancia y deposición de contaminantes atmosféricos

	<ul style="list-style-type: none">• Descargas térmicas Impactos climáticos locales y visuales por uso de torres de enfriamiento• Disposición de cenizas (para el caso del carbón) <p>Reservas de combustibles fósiles.</p> <ul style="list-style-type: none">• Petróleo : 9.56 años a nivel nacional 2014• Gas Natural : 6.29 años a nivel nacional 2015• Carbón: 76 años a nivel nacional.
<p>NUCLEAR</p>	<ul style="list-style-type: none">• Puede ocurrir que algún material radioactivo (tritio, Criptón-85, gases nobles, Iodo-131, Carbono-14, etcétera) sea liberado al medio ambiente.• Pueden presentarse fugas y derrames de soluciones radioactivas por lo que hay que estar protegidos contra ellas y, en la eventualidad de su ocurrencia disponer de controles adecuados, ya que estas pueden contaminar el emplazamiento, áreas de trabajo, y existe la posibilidad de que se contamine un entorno más grande.• En la eventualidad de tal accidente los impactos al medio ambiente y población, si la planta se ubica cerca de un centro poblacional, serían de gran envergadura y a lo largo del tiempo.• Dependiendo del nivel de actividad, estos desechos requerirán tratamiento adecuado antes de ser dispersados al medio ambiente o almacenados.• Los desechos de bajo nivel suelen ser enterrados en depósitos preparados a poca profundidad o en el mar.• Los desechos de nivel intermedio, éstos pueden ser dispuestos mediante diversos métodos, tales como su disposición en el mar, entierro en depósitos geológicos profundos.

	<ul style="list-style-type: none">• Los desechos radioactivos de alto nivel. Una de las técnicas más estudiadas para disponer de estos residuos consiste en la solidificación de ellos para reducir el riesgo de dispersión al medio ambiente durante su almacenamiento o disposición final. <p>Reservas de uranio</p> <ul style="list-style-type: none">• Con datos a enero de 2011, las reservas conocidas son, por tanto, suficientes para suministrar uranio a todas las centrales nucleares del mundo más allá de 100 años en los requisitos actuales.
BIOMASA	<ul style="list-style-type: none">• Algunas de las formas de generación eléctrica por medio de biomasa tienen impactos positivos en el medio ambiente, por ejemplo, la conversión de residuos municipales e industriales ayuda en la solución de los problemas de disposición final de los desechos, la recolección de residuos provenientes de las actividades madereras disminuye el riesgo de incendios forestales y facilita la rápida reforestación.
HIDRÁULICA	<ul style="list-style-type: none">• Pueden causar impactos adversos en el ciclo hidrológico, la calidad del agua, la ecología de los ríos, migración de peces, así como la destrucción de paisajes naturales valiosos y ecosistemas• Las fluctuaciones estacionales de temperatura resultantes del régimen energético de la localidad pueden causar estratificación de la densidad, olores de aguas estancadas, reducción de oxigenación del agua y cambios en la calidad y cantidad de los sedimentos río abajo con impacto sobre la vida acuática presente.

GEOTÉRMICA	<ul style="list-style-type: none">• Puede tener efectos ambientales adversos sobre aire, agua y tierra.• Los principales efluentes al aire son H₂S, NH₃ y CO₂.• En el caso del CO₂ sus emisiones no crean problemas ambientales cerca de la planta o emplazamiento, sin embargo su contribución al aumento de la concentración global de CO₂ en la atmósfera es de una magnitud similar a la originada por una planta de generación alimentada con carbón.• Los hundimientos de terreno parecen ser un problema para campos geotérmicos de fase líquida dominante; en el caso de los campos geotérmicos de fase vapor dominante, los hundimientos del terreno no parecen representar problema alguno, debido a que la formación de estos campos requiere de la presencia de roca que no es sujeta de compactación y hundimientos.
EOLICA	<ul style="list-style-type: none">• Los impactos ambientales provenientes del aprovechamiento de la energía del viento son, en general, de pequeña magnitud y se les clasifica en contaminación visual, por ruido, interferencia a las señales de televisión,• la posible pérdida de flora, debido al movimiento de tierras en la preparación de accesos al lugar y la realización de cimentaciones para aerogeneradores y edificios de control.• Si no estén bien planificados, los parques eólicos contribuyen a la desaparición de la fauna, especialmente de las aves.
SOLAR	<ul style="list-style-type: none">• Se estima que los desechos de calor de plantas térmicas solares son mucho menos significativos que los de los combustibles fósiles o de plantas nucleares.• Existen reportes que indican afectaciones a la ecología local, en especial si la planta se ubica en áreas desérticas.

	<ul style="list-style-type: none">• Se esperaría contribución de desechos sólidos, tales como: concreto, silicio, barnices y vidrio que tendrían que ser apropiadamente dispuestos• Los efectos ambientales de su uso son, principalmente, de carácter positivo en el sentido de que podrían reemplazar la electricidad generada por otros medios.• Aquellas plantas que usen torres de enfriamiento con recirculación húmeda pueden gastar entre 2000 a 3000 litros por megavatio-hora de electricidad producida.
--	--

En el pilar de sostenibilidad ambiental se puede observar que las fuentes de no renovables causan mayor impacto en el medio ambiente, debido a la emisión de gases SO_x, NO_x, CO, CO₂, HC, desecho sólido y cenizas, que se derivan de las plantas termoeléctricas, en una nucleoelectrica el impacto está en los desechos radioactivos y riesgo a derrames o fugas de algún tipo de estos materiales que puedan ser de gran consecuencia al medio ambiente. Las fuentes renovables para la generación de energía eléctrica se tienen en algunos casos de forma ilimitada (solar y eólica) además de presentan un menor impacto ambiental, en algunos casos la buena integración del diseño y planeación reducen el riesgo en el medio ambiente dichas variantes son aspectos positivos de la energía eólica y en otros casos como la biomasa, debido a la conversión de residuos municipales e industriales ayuda en la solución de los problemas de disposición final de los desechos, la recolección de residuos provenientes de las actividades madereras disminuye el riesgo de incendios forestales y facilita la rápida reforestación. Otro caso es la energía solar ya que desechos sólidos, tales como: concreto, silicio, barnices y vidrio que podrán ser reciclados que ser reciclados, este tipo de fuentes renovables que podrían reemplazar la electricidad generada por otros medios.

PILAR DE SOSTENIBILIDAD SOCIAL

Una vez analizado el pilar de sostenibilidad ambiental, el segundo en evaluar será el social, este se basa en el mantenimiento de la red social y cultural, a través del cambio de las

actitudes y prácticas personales y colectivas donde la gente se preocupe por los demás y valore la justicia social, la educación, la salud, la paz y la tranquilidad, mejorando y protegiendo la calidad de vida humana planetaria a través de las generaciones.

Los aspectos sociales de cada una de las fuentes se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 4.2.-Tabla comparativa del pilar de sostenibilidad social.

FUENTE DE ENERGÍA	CARACTERÍSTICA
TÉRMICA	<p>Las repercusiones negativas sobre la salud humana podrán abarcar un amplio abanico de enfermedades que oscilarán entre:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Patologías banales (conjuntivitis, rinitis, faringitis, cefalalgia, etc.) • Graves y potencialmente mortales (bronquitis asmática severa, enfisema broncopulmonar, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, insuficiencia cardiaca e incremento del riesgo de cáncer). <p>Contaminantes físicos: acústicos por el ruido derivado del funcionamiento de la central térmica produce alteraciones en el organismo humano, secundarias a la interrupción del biorritmo sueño-vigilia. Los contaminantes electromagnéticos, radiaciones electromagnéticas generadas por la obtención y distribución eléctrica, producen alteraciones principalmente en el sistema nervioso y cardiovascular.</p>
NUCLEAR	<p>Cáncer causado por exposición a radiación por accidentes de plantas nucleares de electricidad.</p> <p>Trabajadores que se encontraban en la planta nuclear de electricidad recibieron más de 6 grays (Gy) de radiación se enfermaron inmediatamente de gravedad y murieron a consecuencia</p> <p>Personas que trabajaron como parte del personal de limpieza en los años posteriores al accidente estuvieron expuestas a dosis, 14 Gy en 1986 y</p>

	<p>0,04 Gy en 1989. En este grupo de personas, hubo un riesgo mayor de leucemia.</p> <p>Millones de residentes de las áreas contaminadas estuvieron expuestos a concentraciones de radiación mucho más bajas. De 1986 a 2005, estas personas recibieron una dosis acumulada promedio de 0,0092 Gy. Los niños y los adolescentes expuestos al I-131 mostraron un riesgo mayor de presentar cáncer de tiroides</p>
BIOMASA	<p>El tratamiento para secado y manejo de la biomasa presenta diversos riesgos de salud a los trabajadores, en especial esto puede ocurrir con el manejo de desechos municipales donde se puede tener presentes bacterias patógenas y compuestos químicos tóxicos.</p>
HIDRÁULICA	<p>Uno de los principales problemas de este tipo de aprovechamientos estriba en la inundación de áreas productivas y de asentamientos humanos con el correspondiente desplazamiento de la población, su reubicación y adaptación al nuevo entorno, así como los problemas de compensación</p>
GEOTÉRMICA	<p>Se considera que sus efectos directos del H₂S sobre la salud humana van de un olor dañino a concentraciones de aproximadamente 0.2 mg/m³ a síntomas sistemáticos y muerte a concentraciones entre 1 000 y 2 250 mg/m³ con exposiciones entre 15 y 60 minutos.</p>
EÓLICA	<p>Riesgos a la salud física y psicológica debido a exposiciones a infrasonidos incluyen el “síndrome de turbina eólica”.</p> <p>Algunos síntomas de este síndrome son alteraciones del sueño, dolor de cabeza, molestia, irritabilidad y fatiga crónica. Aparecen a menudo cuando la persona está cerca de turbinas eólicas, o de una fuente de infrasonido, y desaparecen cuando se aleja.</p>
SOLAR	<p>En el proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos los trabajadores también se exponen a riesgos por inhalación de polvo de silicio.</p> <p>Se reportan algunos riesgos para las personas debido a posible exposición accidental de la retina humana a intensidades solares varias veces la del sol por más de unos cuantos segundos.</p>

El análisis de las diversas fuentes de energía eléctrica en este pilar , determina que los mayores daños en el entorno social son derivados por la energía nuclear, la mayor preocupación con la utilización de plantas nucleares se ubique en el temor a un accidente mayor, accidente que involucre la fusión del núcleo del reactor con la posible liberación de sustancias radiactivas al medio ambiente, la exposición a materiales radiactivos provocan en el ser humano daños irreversibles e incluso la muerte .

Las fuentes renovables presentan menor alteración social son hidráulica, eólica y solar, ya que estos efectos se pueden anticipar como la reubicación en el caso de la hidráulica, otros como la inhalación de silicio (solar) y síndrome del molino (eólica) se pueden prevenir con equipo de seguridad adecuado.

PILAR DE SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA.

Una vez desarrollados los pilares de sostenibilidad ambiental y social, solo faltaría el pilar sostenibilidad económica el cual establece que se debe generar riqueza económica en un marco local, regional y global que incite el desarrollo financieramente posible y rentable, protegiendo la base de los recursos naturales y su conservación

El costo nivelado de generación de energía (LCOE) será vital para desarrollar este pilar, ya que refleja todos los costos incluyendo capital inicial, rendimientos, operación continua, combustible, mantenimiento, así como el tiempo para construir la planta y el horizonte de vida de la misma.

Para comparar la estructura de los costos de las diferentes tecnologías se estandarizaron los valores por dólar por unidad de MWH. El precio del dólar en promedio en el año 2014 fue de 13.1529 (investing.com, 2016)

COMBUSTIBLE	COSTO NIVELADO DE GENERACIÓN MXN\$/MWH 2014	COSTO NIVELADO DE GENERACIÓN \$USD/MWH
CARBÓN	1226.40	93.24
COMBUSTOLEO	1,946	146
GAS NATURAL	636	48
GAS NATURAL (CICLO COMBINADO)	438	33
COQUE	1000.95	76.1
DIÉSEL	990	74.35
URANIO	1369.13	104.09

Tabla 3.3.- Costo nivelado de generación (LCOE) los combustibles fósiles*

Elaboración propia. Basada en: (IMCO, 2015) (CFE, Informe anual, 2014) , (Mariño Lopez, 2014)

TIPO DE TECNOLOGÍA RENOVABLE	COSTO NIVELADO DE GENERACIÓN INTERNACIONAL \$USD /MWH 2014	COSTO NIVELADO DE GENERACIÓN NACIONAL MXN\$/MWH 2014	COSTO NIVELADO DE GENERACIÓN \$USD/MWH 2014
HIDRÁULICA	30- 160	289.77	174.09
GEOTÉRMICA	40-120	1580.46	120.16
EÓLICA	60-150	1221.40	92.86
SOLAR	80-350	2630.66	200
BIOGÁS	60-160	1446.81	110**
BAGAZO	50-150	1315.29	100**

Tabla 3.4.-Costo nivelado de generación (LCOE) de las fuentes renovables 2014

Elaboración propia. Basada en: (IMCO, 2015) (IRENA, RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2014, 2015)

**Valores promedio del costo internacional

El costo nivelado de generación (LCOE) de las fuentes renovables muestra un panorama alentador para utilizar e impulsar esta forma de energía, mientras que para las fuentes no renovables los costos muestra un alza debido a la disminución de reservas que se tiene con el paso del tiempo, esto se puede observar en las tablas 3.5 y 3.6.

TIPO DE TECNOLOGÍA RENOVABLE	COSTO NIVELADO DE GENERACIÓN INTERNACIONAL \$USD/MWH 2025	COSTO NIVELADO DE GENERACIÓN MÉXICO \$USD/MWH 2030
HIDRÁULICA	30-160	95-120
GEOTÉRMICA	40-120	55-75
EÓLICA	50-100	70-90
SOLAR	80-160	100-125
BIOGÁS	60-140	40-50
BAGAZO	50-110	65-80

Tabla 3.5.- Costo nivelado de generación (LCOE) para las fuentes renovables 2030*

*Elaboración propia. Basada en: (Dolf Gielen (IRENA), 2015) (IRENA, RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2014, 2015)

TIPO DE FUENTE NO RENOVABLE	COSTO NIVELADO DE GENERACIÓN MÉXICO \$USD/MWH 2030
COMBUSTÓLEO*	317
DIÉSEL	185-220
URANIO *	140
CARBÓN	90-110
GAS NATURAL	70-90

CICLO COMBINADO	62-77
----------------------------	-------

Tabla 3.6.- Costos de generacion (LCOE) para las energias no renovables 2030.

Elaboración propia. Basada en: (Dolf Gielen (IRENA), 2015) (PWC, 2015)

*Estos costos fueron calculados con la teoría de mínimos cuadrados ver anexo C

De las tablas anteriores se hace una comparación de los costos nivelados de generación LCOE 2014 y los proyectados para el 2030 para evaluar las fuentes de energía y saber cual es la mejor opción a corto mediano y largo plazo ,las siguientes graficas muestran esta comparación:

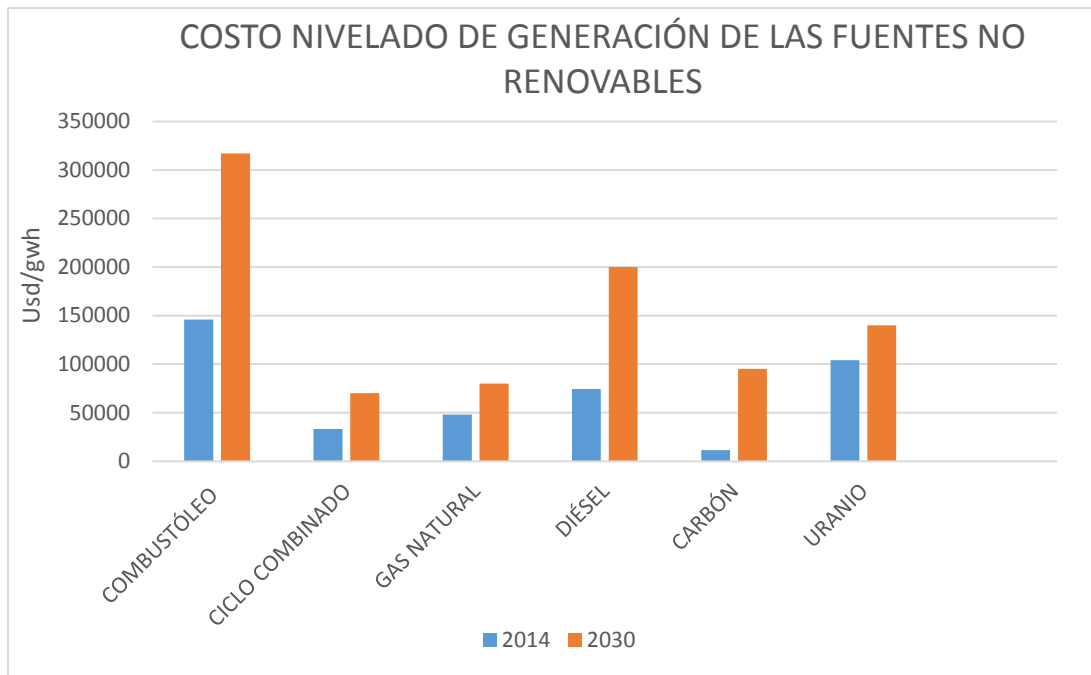


Figura 4.3.-Costo nivelado de generación de las fuentes no renovables 2014-2030*

*Elaboración propia

La Figura 4.3 muestra que los costos nivelados de generación (LCOE)de las fuentes no renovables tendrán un aumento, en particular el combustóleo y diésel, que casi duplicara y triplicara su costo respectivamente, el ciclo combinado, gas natural y el uranio son las que

menor aumento presentan. Este aumento se debe principalmente a las pocas reservas de estos combustibles.

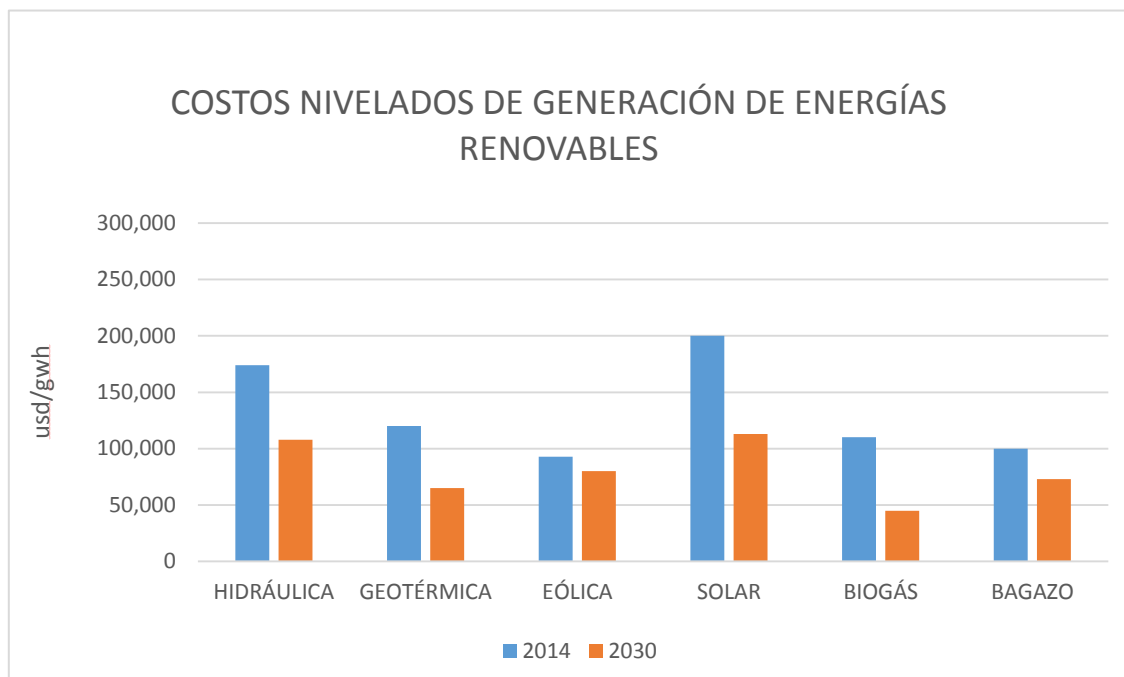


Figura 4.4.-Costos nivelados de generación de las fuentes renovables 2014-2030*

*Elaboración propia

En la Figura 4.4 se observa el beneficio económico que se tendría al usar fuentes de energía renovables ya que los costos nivelados de generación (LCOE) tienden a disminuir en el futuro, la energía hidráulica geotérmica, biogás y solar ejemplos de lo ya menciona, ya que se proyecta una reducción de la mitad del costo. Al reducirse el costo de generación de estas fuentes de energía y sumando que presentan de forma ilimitada el planeta, representan una buena opción para emplearlas en la satisfacción de la demanda eléctrica

INTEGRACIÓN DE LOS TRES PILARES DEL DESARROLLO SUSTENTABLE

Tabla 4.3.- Integración de los tres pilares del desarrollo sustentable

DESEQUILIBRIO	EQUILIBRIO
Las fuentes de energía la que presenta un mayor desequilibrio en los tres pilares es la energía nuclear	Entre las fuentes renovables la energía eólica y la energía solar presentan un mayor equilibrio en los tres pilares.
Economía: el costo nivelado de generación presenta un ligero aumento para el 2030 pero será una de las 3 fuentes con mayor costo.	Economía: la energía eólica se encuentra entre una de fuentes con menor costo de generación y la solar presenta una reducción del casi 50% para el 2030
Ambiental: representa alto riesgo debido a la posibilidad fugas y derrames de soluciones radioactivas.	Ambiental: Los efectos ambientales de su uso son, principalmente, de carácter positivo en el sentido de que podrían reemplazar la electricidad generada por otros medios.
Social el riesgo a un accidente o exposición a algún material radiactivo provoca efectos negativos en la salud.	Social: los efectos negativos en las personas son menores comparados con las de la energía nuclear.

Estos resultados al compararlos con la figura 3.25 son positivos ya que el potencial posible de generación con energía eólica y solar se encuentran entre los valores más altos con 87,600 GWH/año y 6,500, 000 GWH/año.

Costos de Oportunidad de Diferentes Formas de Energía.

2014 (GWh/ año)				
	Generación 2014	Potencial Probado	Potencial Probable	Potencial Posible
Hidroeléctrica	38,822	4,457	23,028	44,180
Eólica	6,426	15,307	-	87,600
Geotérmica	6,000	1,932	45,207	52,013
Solar	85	8,171	-	6,500,000
Biogás	148	728	391	11,485
Oceánica			1,057	
TOTAL	51,481*	30,595	69,683	>195,278**

*/El total incluye la generación por bagazo y la cogeneración eficiente, que no se muestran en la tabla.

**/ No incluye el potencial posible para energía solar, estimado en más de 6 millones de GWh/año,

Fuente: SENER, INERE.

Figura 3.25.-Generación actual y potencial de generación con energías renovables.

Fuente: (SENER, Prospectiva de energías renovables 2015-2029, 2015)

METODOLOGÍA FODA.

Con el resultado del método sustentable, se desarrolla la metodología para evaluar la situación actual y futura de cada fuente de energía eléctrica, se usara la escala 1 al 10 para definir de menor a mayor el número las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenaza, de acuerdo al método de desarrollo sustentable, esto ayudara a tener una mejor visión en posibles soluciones en una perspectiva a corto, mediano y largo plazo de satisfacción de demanda eléctrica para la SEN

Tabla 4.4.-Desarrollo de FODA para a energía nuclear.

NUCLEOELÉCTRICA	
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<p>La fuente de energía es el uranio</p> <p>De forma operativa no emite CO2</p> <p>2013 representó el 6.6 % de la capacidad instalada a nivel mundial</p> <p>2013 y 2014 represento el 2% de la capacidad instalada en México</p> <p>2014 genero el 3.2% de la generación en el SEN GWH.</p>	<p>Las reservas son, suficientes para suministrar uranio a todas las centrales nucleares del mundo más allá de 100 años en los requisitos actuales</p> <p>El costo nivelado de generación del uranio fue de 104.09 USD/MWH en el 2014</p> <p>2029 en México representara el 5 % de la capacidad instalada</p> <p>2029 generara el 8.2 % de los GWH del SEN</p>

DEBILIDADES	AMENAZAS
Toda la actividad que implica la extracción del uranio es una de las actividades que proporcionalmente más CO₂ (45g/KWH)	La vida operacional de un reactor nuclear en una planta de generación nuclear se estima entre 30 y 40 años.
El uso de tierra incluye la planta de generación en sí y los sitios para almacenamiento del combustible gastado.	Puede ocasionar diversos tipos de cáncer (la glándula tiroides, leucemia)
Riesgo a un accidente que afecte el medio ambiente y a la población	Lamentablemente no existen antídotos para contrarrestar el efecto que la radiación produce en el ser humano
Pueden presentarse fugas y derrames de soluciones radioactivas	El costo nivelado aumentara para el 2030 140 USD/MWH
Puede ocurrir que algún material radioactivo (tritio, Criptón-85, gases nobles, Iodo-131, Carbono-14, etcétera) sea liberado al medio ambiente.	

Tabla 4.5.-Desarrollo de FODA para a energía solar.

SOLAR	
FORTALEZA	OPORTUNIDAD
<p>Pertenece a las fuentes renovables las cuales se consideran que son ilimitadas</p> <p>Fuente de generación es el sol</p>	<p>El costo de generación se reducirá de manera considerable con respecto al 2014</p> <p>El costo de generación estará 100-125 USD/ MWH en México</p> <p>Los nuevos modelos de paneles pueden tener una vida útil de hasta 40 años , algunos paneles pueden producir hasta el 80% de su producción inicial después de los 40 años</p> <p>Se pueden reciclar los desechos solidos</p> <p>Impacto sobre el suelo podría verse minimizado si se destinasen a la implantación de huertos solares aquellas áreas más degradadas o campos de cultivo abandonados por su baja productividad.</p> <p>Los efectos ambientales de su uso son, principalmente, de carácter positivo en el sentido de que podrían reemplazar la electricidad generada por otros medios.</p>
DEBILIDAD	AMENAZAS
<p>Se considera que las grandes extensiones de tierra para su instalación.</p> <p>Las necesidades son de 2 ha por megavatio instalado en el caso de paneles solares</p>	<p>Contribución de desechos sólidos, tales como: concreto, silicio, barnices y vidrio.</p> <p>En el proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos los trabajadores también se exponen a riesgos por inhalación de polvo de silicio.</p>

<p>policristalinos y de 5 ha/MW para paneles de capa fina.</p> <p>El costo nivelado de generación fue de 200 \$USD/MWH en el 2014</p> <p>Capacidad instalada 0.1% MW en el SEN 2014</p> <p>Genero 0.03% GWH en el SEN 2014</p>	<p>Existen reportes que indican afectaciones a la ecología local, en especial si la planta se ubica en áreas desérticas.</p> <p>Tendrá 1.7% MW de la capacidad instalada en el SEN 2029</p> <p>Generará el 0.8 % GWH en el SEN 2029</p>
--	---

Tabla 4.6.-Desarrollo de FODA para a energía eólica.

EÓLICA	
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<p>Pertenece al grupo de fuentes renovables las cuales se consideran ilimitadas</p> <p>Su fuente de generación es el viento</p>	<p>El costo nivelado de generación disminuirá para el futuro.</p> <p>El costo de generación estará entre 70-90 USD/MWH en el 2030.</p> <p>Una vez que termina la vida útil de los aerogeneradores que se estima en unos 25 a 30 años- se deben retirar los molinos y revegetarse los huecos que provocaron.</p>
DEBILIDAD	AMENAZAS
<p>Su costo de generación en el 2014 fue de 93 \$USD/MWH aproximadamente</p>	<p>Síndrome de “turbina eólica”.</p> <p>Algunos síntomas de este síndrome son alteraciones del sueño, dolor de cabeza, molestia, irritabilidad y fatiga crónica. Aparecen a menudo cuando la persona está cerca de turbinas eólicas, o de una fuente de infrasonido, y desaparecen cuando se aleja.</p>

<p>La posible pérdida de flora, debido al movimiento de tierras en la preparación de accesos al lugar y la realización de cimentaciones para aerogeneradores y edificios de control.</p> <p>Contribuyen a la desaparición de la fauna, especialmente de las aves</p>	<p>Representará el 12.7% de los MW instalados por el SEN en el 2029</p> <p>Generará el 8.6% de los GWH en el SEN en el 2029.</p>
--	--

Una vez desarrollado el FODA para las tres fuentes de energía se realizara una ponderación con una escala del 1 al 10 basada en el modelo de desarrollo sustentable, para evaluar las fortalezas y oportunidades, debilidades y amenazas, esta escala sirve para tener un mayor enfoque, tomar decisiones y acciones posibles en la implementación. La escala propuestas se muestran en la tabla 4.7 y la evaluación se muestra en la tabla 4.8.

NUMERO.	FORTALEZAS Y OPORTUNIDADES.	DEBILIDADES Y AMENAZAS.
10	Excelente equilibrio en términos sustentables.	Pésimo en términos sustentables.
9	Bueno en términos sustentables	Malo en términos sustentables
8	Aceptable en términos sociales y ambientales pero con ligeras fallas en lo económico.	Regular en términos económicos pero con fallas ambientales y sociales.

7	Aceptable en términos ambientales y económicos pero con ligeras fallas en lo social.	Regular sociales pero con fallas en lo ambiental y social.
6	Aceptable en términos sociales y económicos pero con ligeras fallas en lo ambiental.	Regular en términos ambientales con fallas en lo social y económico.
5	Regular en términos ambientales con fallas en lo social y económico.	Aceptable en términos sociales y económicos pero con ligeras fallas en lo ambiental.
4	Regular sociales pero con fallas en lo ambiental y social.	Aceptable en términos ambientales y económicos pero con ligeras fallas en lo social.
3	Regular en términos económicos pero con fallas ambientales y sociales.	Aceptable en términos sociales y ambientales pero con ligeras fallas en lo económico.
2	Malo en términos sustentables	Bueno en términos sustentables
1	Pésimo en términos sustentables	Excelente equilibrio en términos sustentables

Tabla 4.7.- Escala para evaluar el FODA en base a términos del método sustentable.*

*Elaboración propia.

METODOLOGÍA	NUCLEAR	EÓLICA	SOLAR
F	3	7	6
O	3	7	6
D	8	5	4
A	8	5	4

Tabla 4.8.-Evaluación de FODA para a energía nuclear, eólica y solar.

En la tabla 4.7 se observa que la energía nuclear tiene en el número 8 en la rama de amenazas y debilidades, se otorga este número debido a que presenta alto riesgo de un accidente nuclear o derrames de algún material radiactivo, esto pondría en riesgo al medio ambiente y a la población que rodea a la central. Se evalúa con 3 por los términos económicos que presenta en el futuro pero los riesgos ambientales y sociales son constantes.

Se otorga el número 7 a la energía solar y 6 a la energía eólica respectivamente en de la rama de fortalezas y oportunidades, ambas fuentes son renovables con perspectivas a favor en costos nivelados de generación ya que tienden a reducirse conforme pase el tiempo, pero la inhalación de silicio es el problema social para la energía solar y la muertes de aves es el problema ambiental en la eólica, sin embargo, presentan impactos de menor magnitud comparadas con la energía nuclear. De la tabla 4.7 se obtiene la figura 4.5.

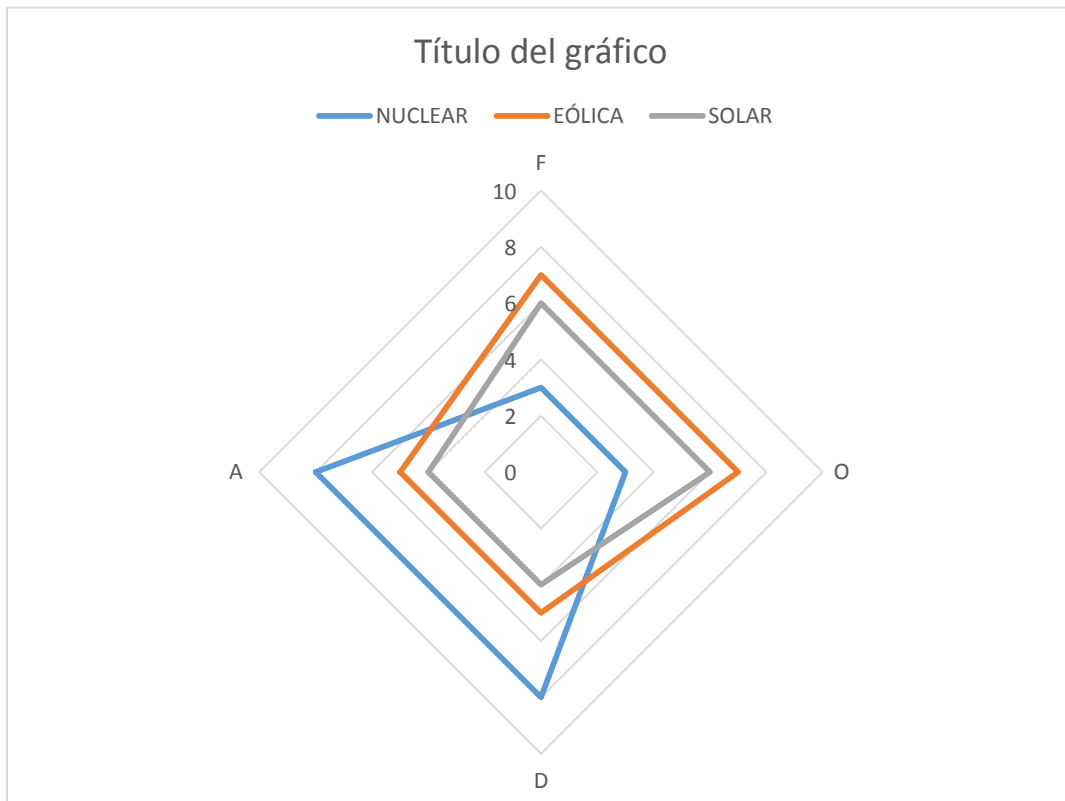


Figura 4.5.- Evaluación de FODA para a energía nuclear, eólica y solar.*

*Elaboración propia.

La grafica muestra que la energía nuclear presenta mayores amenazas y debilidades que la energía solar y eólica, debido a los riesgos que presenta desde la extracción del uranio hasta el vivir constantemente con el miedo de un accidente en un central, además de los daños sociales y ambientales que pueden traer como consecuencia, las fortalezas y oportunidades las presentan la energía solar y eólica ya que son menos ofensivas con el medio ambiente además que el costo nivelado de generación tienden a disminuir con el avance tecnológico.

IMPLEMENTACIÓN

La prospectiva del sector eléctrico 2015-2029, tiene una demanda total 470,431.7 GWH de los cuales el 8.2 % lo cubrirá la energía nuclear, de acuerdo con el método de desarrollo sustentable y el metodología FODA, es una de las fuentes que tiene mayor desequilibrio en los tres pilares de la sustentabilidad, además de presentar mayor numero debilidades-amenaza que fuentes de energía renovables como la solar y eólica , las cuales tienen una gran fortaleza y oportunidad que pueden emplearse para cubrir la demanda. A continuación se muestran tres opciones que pueden emplearse para utilizar energía solar o eólica, en lugar de la energía nuclear en cada una de estas opciones se determinara el costo de oportunidad en los tres pilares de la sustentabilidad:

- A) El 8.2% de los 470,431.7 GWH de la energía generada en el 2029 será energía nuclear, si este porcentaje se redujera al 4.1 %, empleando el otro 4.1% la energía eólica.
- B) El 8.2% de los 470,431.7 GWH de la energía generada en el 2029 será energía nuclear, si este porcentaje se redujera al 4.1 %, empleando el otro 4.1% la energía solar.
- C) El 8.2% de los 470,431.7 KWH de la energía generada en el 2029, si se redujera su porcentaje al 4.1, empleando energía solar (2.05%) y eólica (2.05%).

Estas opciones las podemos observar en la figura 4.6

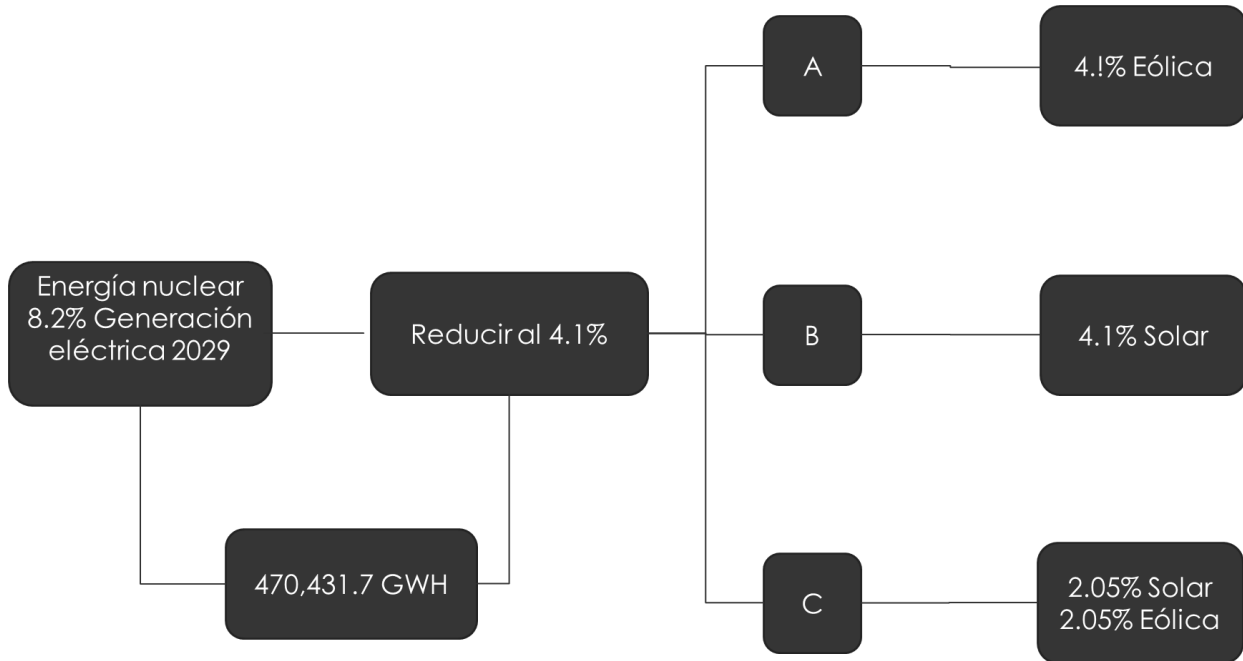


Figura 4.6. Opciones de implementación

EVALUACIÓN

A) El 8.2% de los 470,431.7 GWH de la energía generada en el 2029 será energía nuclear, si este porcentaje se redujera al 4.1 %, empleando el otro 4.1% la energía eólica.

PILAR ECONÓMICO

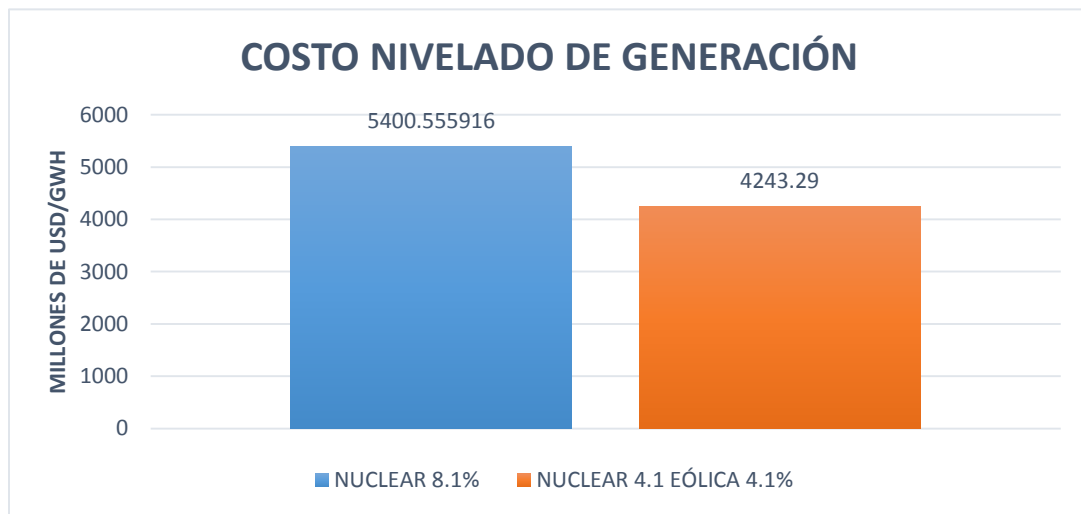


Figura 4.7. Costo nivelado de generación (LCOE), empleando energía nuclear (4.1%) y energía eólica (4.1%) para la propuesta se la SENER 2029

*Para ver los cálculos de esta grafica checar anexo J.

PILAR AMBIENTAL

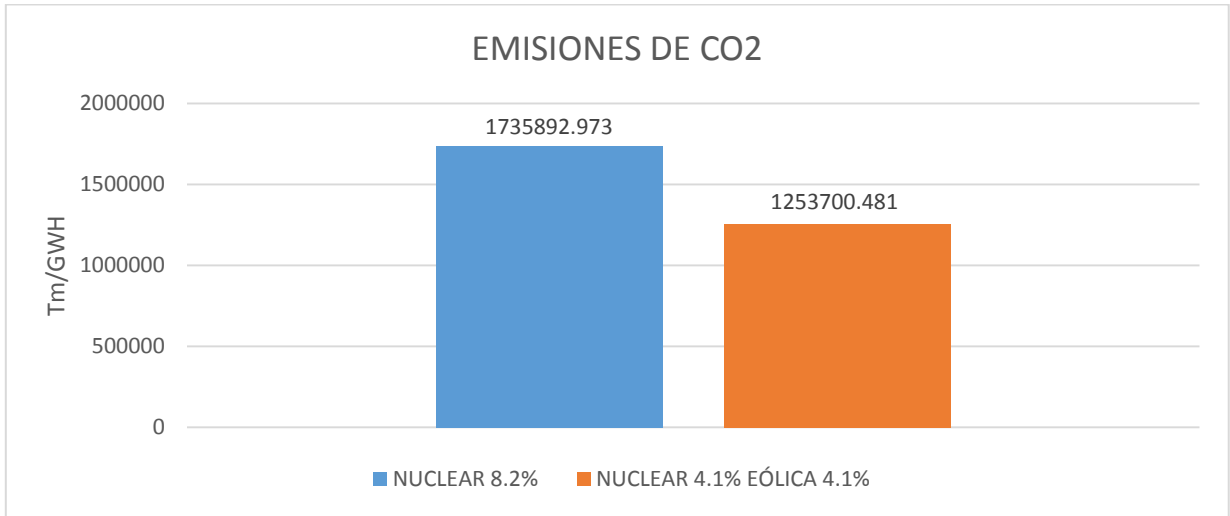


Figura 4.8. Emisiones de CO2, empleando energía nuclear (4.1%) y energía eólica (4.1%) para la propuesta se la SENER 2029

Para ver los cálculos de esta grafica checar anexo J

PILAR SOCIAL

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye el riesgo de fugas y derrames de algún material radiactivo. • Evita la posibilidad de un accidente nuclear que pueda desencadenar daños irreversibles en la salud de las personas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posible efecto molino en la personas.

Tabla 4.8.-Pilar social de la propuesta A (4.1% energía eólica)

COSTO DE OPORTUNIDAD

Al evaluar en el pilar económico con el costo nivelado de generación (LCOE) del año 2030, si se emplea el 4.1% de energía eólica se obtiene que el costo de oportunidad es mayor ya

que con esta opción se **reduce el costo nivelado de generación (LCOE) UN 21%**. En el pilar ambiental **las emisiones de CO₂ se reduce un 27.8 %**, además que el uso de esta fuente de energía reduciría el impacto ambiental ya que el riesgo de pérdida de flora y fauna, sería de menor intensidad que el riesgo de liberación o derrame de algún material radiactivo por uso de la energía nuclear.

Finalmente en el pilar social se disminuye el riesgo de fugas y derrames de soluciones radioactivas o en el peor escenario un accidente nuclear que puede desencadenar daños irreversibles en la salud de las personas por uso de la energía nuclear, nada comparado con el efecto del molino en las personas derivado de la energía eólica puede ser tratado con el médico, por consecuencia se obtiene un costo de oportunidad positivo.

B) El 8.2% de los 470,431.7 GWH de la energía generada en el 2029 será energía nuclear, si este porcentaje se redujera al 4.1 %, empleando el otro 4.1% la energía solar.

PILAR ECONÓMICO.

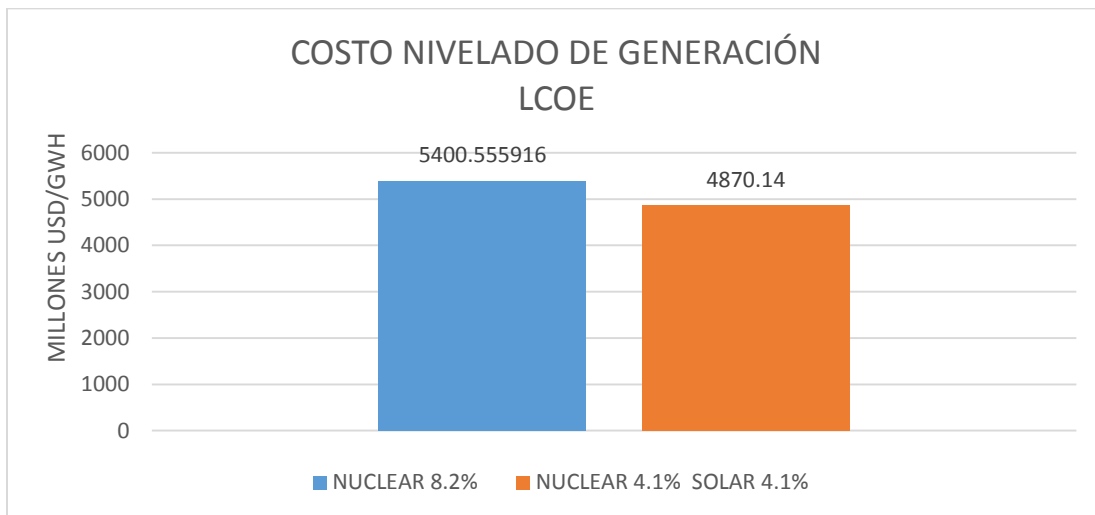


Figura 4.9. Costo nivelado de generación (LCOE) empleando energía nuclear (4.1%) y energía solar (4.1%) para la propuesta de la SENER 2029

Para ver los cálculos de esta gráfica checar anexo J

EL PILAR AMBIENTAL

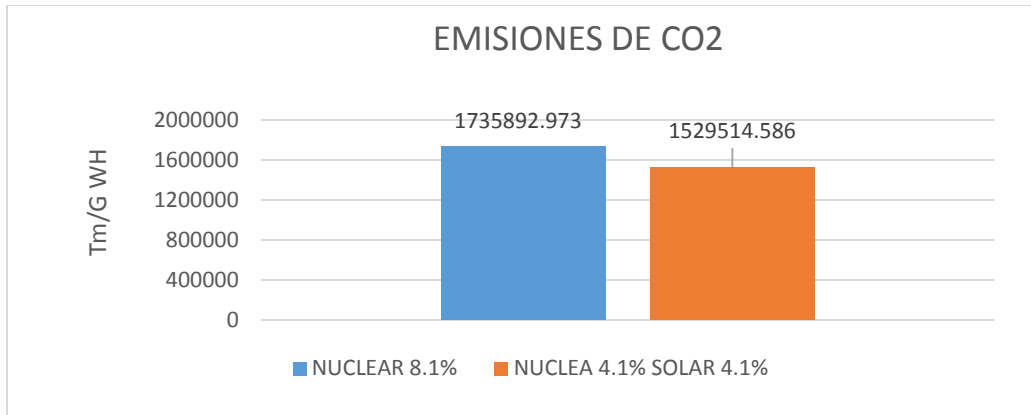


Figura 4.10.-Emisiones de CO2, empleando energía nuclear (4.1%) y energía solar (4.1%) para la propuesta se la SENER 2029.

Para ver los cálculos de esta grafica checar anexo J

PILAR SOCIAL

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> Disminuye el riesgo de fugas y derrames de algún material radiactivo. Evita la posibilidad de un accidente nuclear que pueda desencadenar daños irreversibles a las personas. 	<ul style="list-style-type: none"> En el proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos los trabajadores también se exponen a riesgos por inhalación de polvo de silicio. Se reportan algunos riesgos para las personas debido a posible exposición accidental de la retina humana a intensidades solares varias veces la del sol por más de unos cuantos segundos

Tabla.4.9-Pilar social de la propuesta B (4.1% energía solar)

COSTO DE OPORTUNIDAD.

Al estimar en el pilar económico con el costo nivelado de generación (LCOE) del año 2030, si se emplea el 4.1% de energía solar se obtiene que el costo de oportunidad es mayor ya que con esta opción se reduce el costo nivelado de generación 10%. En el pilar ambiental las emisiones de co2 se reducen alrededor del 12%, además que el uso de esta fuente de energía reduciría el impacto ambiental debido a que existe presencia de desechos sólidos (silicio, vidrio, etc.) estos podrían reciclarse.

Finalmente en el pilar social la inhalación de silicio en el proceso de fabricación de celdas fotovoltaicas o la exposición accidental de la retina por el manejo de energía solar se pueden prevenir con medidas de seguridad laboral, con el empleo de esta fuente se disminuye el riesgo de fugas y derrames de soluciones radioactivas o en el peor escenario un accidente nuclear que puede desencadenar daños irreversibles en la salud las personas por uso de la energía nuclear, por consecuencia se obtiene un costo de oportunidad positivo

C) el 8.2% de los 470,431.7 KWH de la energía generada en el 2029, si se redujera su porcentaje al 4.1%, empleando energía solar (2.05%) y eólica (2.05%).

PILAR ECONÓMICO

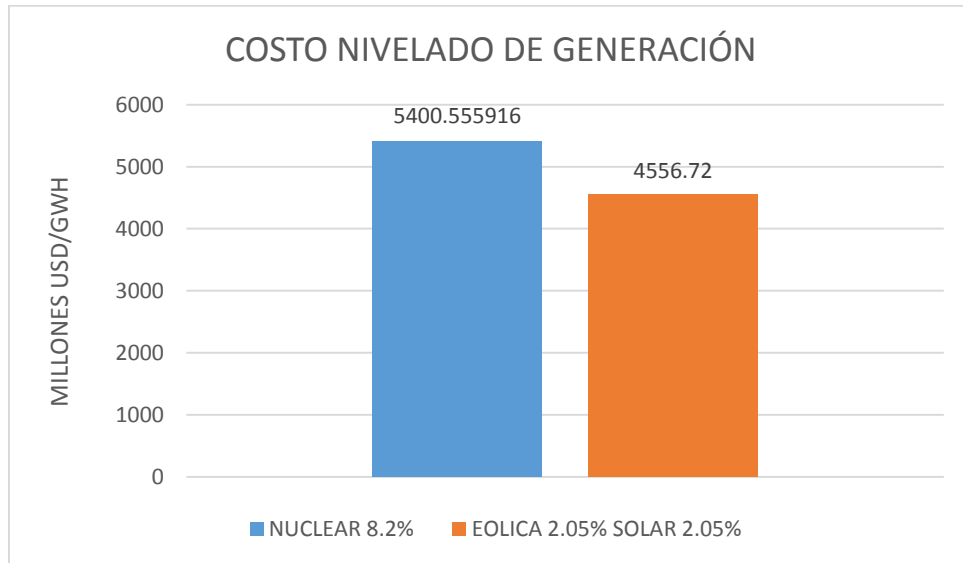


Figura 4.11. Costo nivelado de generación (LCOE) empleando energía nuclear (4.1%), energía eólica (2.05%) y energía solar (2.05%) para la propuesta se la SENER 2029.

Para ver los cálculos de esta grafica checar anexo J

PILAR AMBIENTAL

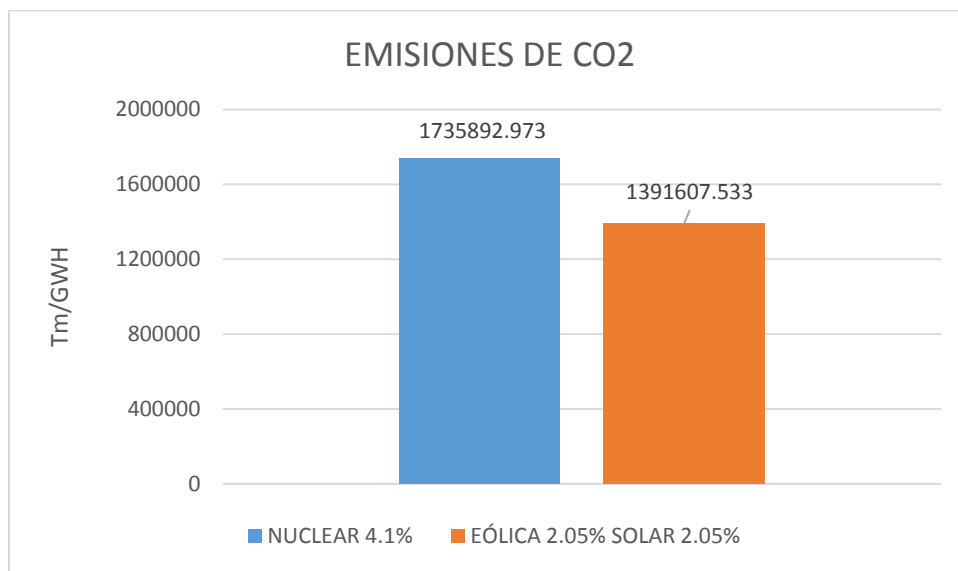


Figura 4.12. Emisiones de CO2 empleando energía nuclear (4.1%), energía eólica (2.05%) y energía solar (2.05%) para la propuesta se la SENER 2029.

Para ver los cálculos de esta grafica checar anexo J

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye el riesgo de fugas y derrames de algún material radiactivo. • Evita la posibilidad de un accidente nuclear que pueda desencadenar daños irreversibles en la salud de las personas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posible efecto molino en la personas. • En el proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos los trabajadores también se exponen a riesgos por inhalación de polvo de silicio. • Se reportan algunos riesgos para las personas debido a posible exposición accidental de la retina humana a intensidades solares varias veces la del sol por más de unos cuantos segundos

Tabla 4.10.-Pilar social de la propuesta C (2.05% energía eólica y 2.05% energía nuclear)

COSTO DE OPORTUNIDAD.

Al estimar en el pilar económico con el costo nivelado de generación (LCOE) del año 2030, si se emplea el 4.1% de energía nuclear, el 2.05% de energía eólica y el 2.05% solar, se obtiene que el costo de oportunidad es mayor ya que con esta opción se reduce el costo nivelado en un 20%. En el pilar ambiental las emisiones de CO_2 se reduce en casi 16%, además que el uso de estas fuentes de energía reduciría el impacto ambiental debido a que existe presencia de desechos sólidos (silicio, vidrio, etc.) estos podrían reciclarse., el riesgo de pérdida de flora y fauna, sería de menor intensidad que el riesgo de liberación o derrame de alguna materia radiactiva por uso de la energía nuclear.

Finalmente en el pilar social la inhalación de silicio en el proceso de fabricación de celdas fotovoltaicas o la exposición accidental de la retina por el manejo de energía solar se pueden prevenir con medidas de seguridad laboral, con el efecto del ruido en las personas derivado de la energía eólica puede ser tratado con el médico, con el empleo de estas fuentes se disminuye el riesgo de fugas y derrames de soluciones radioactivas o en el peor escenario un accidente nuclear que puede desencadenar daños irreversibles en la salud las personas por uso de la energía nuclear, por consecuencia se obtiene un costo de oportunidad positivo

Las evaluaciones de cada una de las implementaciones se observan en la figura 4.13

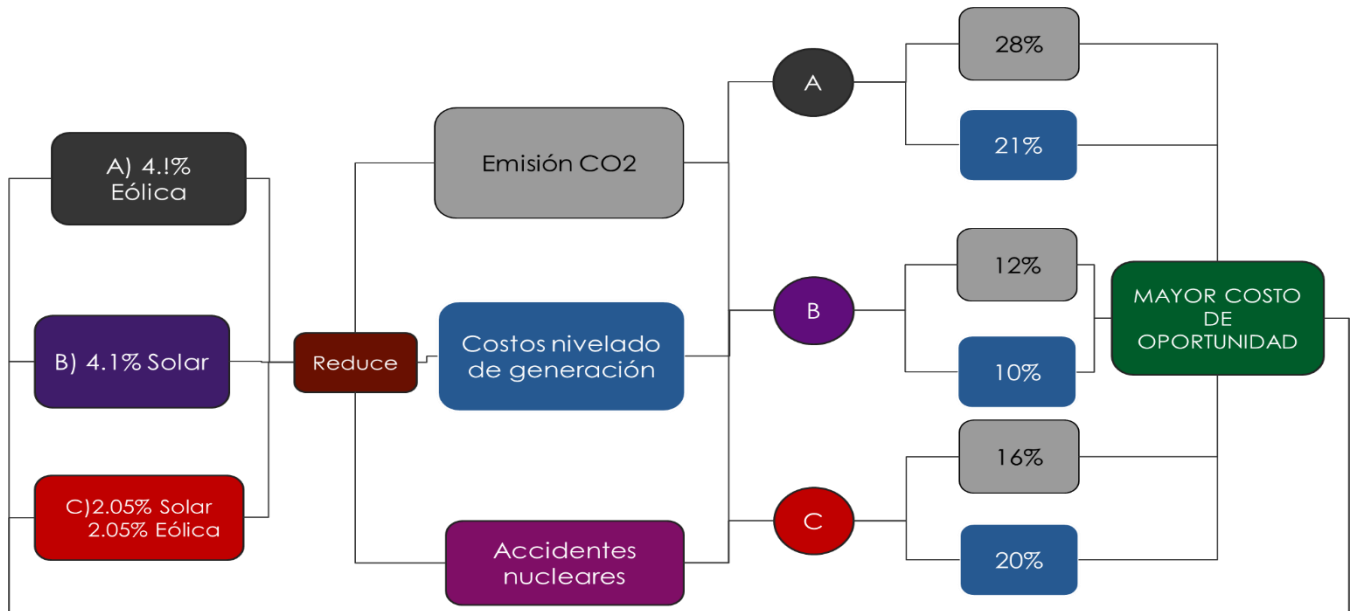


Figura 4.13. Evaluación de las implementaciones.

En la figura 4.13 se observa que las tres implantaciones tienen aspectos positivos en términos de la sustentabilidad por consecuencia tienen un mayor costo de oportunidad que usar el 8.2% de energía nuclear.

CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES

Se realizó un diagnóstico de la situación actual a nivel mundial y en particular de México en lo que respecta al aumento de demanda eléctrica y las diferentes fuentes de energía para poder satisfacerla, detectando que existe una dependencia en el país de las fuentes de energía no renovables.

En lo que respecta a la aplicación del modelo sistémico para determinar el costo de oportunidad de las energías renovables, en la parte desarrollo sustentable en las fuentes de energía (renovable y no renovable), se detectó que en general las fuentes presentan argumentos positivos y negativos en los tres pilares de la sustentabilidad. Obteniendo que fuentes de energía renovables como la energía eólica y la energía solar son las que presentan mayor equilibrio en estos tres pilares presentando mejores argumentos que las fuentes de energía no renovable como la energía nuclear.

Al incorporar el FODA se pudieron establecer posibles soluciones con energía solar y energía eólica, que puedan reemplazar energías no renovables como la energía nuclear, estas soluciones fueron apoyadas en el potencial de generación de las fuentes renovables de nuestro país, las cuales dieron como resultado amplias perspectivas de mejorar los tres pilares de la sustentabilidad o un costo de oportunidad positivo para la demanda de energía eléctrica en el año 2029.

Es importante señalar, que el utilizar este modelo sistémico ayudara a diagnosticar el costo de oportunidad de las fuentes de energía renovable por sí solo no mejorara el fomento de uso de las energías renovables, se requiere de la participación de la población, autoridades, funcionarios de dependencias públicas encargadas del sector eléctrico, para lograr un mayor beneficio de las fuentes de energía renovable pero sobre todo hacer conciencia del uso eficiente de energía para disminuir la demanda eléctrica .

5.2.-RECOMENDACIONES

Se recomienda adoptar el presente trabajo, como base para futuros proyectos encaminados a la generación de energía eléctrica a través de fuentes no renovables y renovables con el fin de satisfacer la demanda eléctrica.

Posibles proyectos que pudieran realizarse:

- Optimizar el uso de las fuentes de energía renovable.
- Evaluación de la transición energética de fuentes no renovables a renovables.
- Programas de ahorro y uso eficiente de energía eléctrica. (ver anexo K)

REFERENCIAS

- CASTRO, H. (MAYO de 2011). *expok Comunicación de la sustentabilidad y RSE*. Obtenido de <http://www.expoknews.com/que-impacto-ambiental-tiene-la-energia-eolica/>
- (20 de MAYO de 2016). Obtenido de Diarioecologia.com: <http://diarioecologia.com/asi-actua-la-radiacion-en-el-ser-humano/>
- (28 de MARZO de 2016). Obtenido de Ecoosfera: <http://www.ecoosfera.com/2015/06/cuales-paises-son-los-que-emiten-mas-co2-a-la-atmosfera/>
- Aceves Hernández, F. J. (2015). *METODOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN SISTÉMICA*. TALLER ABIERTO.
- Aragón , L. (1997). *Energía y medio ambiente en México* (PRIMERA ed.). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (21 de Mayo de 2017). *Asamblea general de las naciones unidas*. Obtenido de <http://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>
- Banco de México. (21 de Mayo de 2017). Obtenido de <http://www.banxico.org.mx/divulgacion/glosario/glosario.html#C>
- CAMBIO CLIMATICO GLOBAL. (17 de ABRIL de 2016). Obtenido de <http://cambioclimaticoglobal.com/que-es-el-cambio-climatico>
- Carta González, J. (2009). *Centrales de energías renovables: Generacion eléctrica con energías renovables* . Madrid: Pearson educación,S.A.
- cemaer Centro de estudios en medio ambiente y energías renovables. (8 de Enero de 2017). Obtenido de <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2010/04/06/costo-de-produccion-de-electricidad-en-mexico/>
- CeMIEGeo Centro mexicano de innovación en energía geotérmica. (27 de NOVIEMBRE de 2016). Obtenido de <http://www.cemiegeo.org/index.php/geotermia?id=9>
- Certificado de eficiencia energética. (26 de Junio de 2017). Obtenido de <http://certificadodeeficienciaenergetica.com/blog/la-diferencia-entre-ahorro-de-energia-y-uso-eficiente-de-la-energia/>
- CFE. (2012). *Prospectiva mundial de carbón y el caso mexicano*.
- CFE. (2014). *Informe anual*.
- Charles, F. (31 de Agosto de 2015). *Grupo de Estudio de Sistemas Integrados*. Obtenido de <http://www.gesi.org.ar/articulos/transdisciplinariedad-cibernetica-y-sistemica/>
- COUNCIL, W. E. (2014). *Cambio Climático: Implicaciones para el Sector Energético*.

Demo e-educativa catedu. (16 de Mayo de 2017). Obtenido de http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3233/html/1_sntesis_electromagnetica_de_maxwell.html

Dolf Gielen (IRENA), D. S. (2015). *IRENA (2015), Renewable Energy Prospects: Mexico, REmap 2030 analysis.* .

ecologistas en acción. (Febrero de 2008). Obtenido de <http://www.ecologistasenaccion.org/article16472.html>

Ecorli Liberto. (26 de Mayo de 2017). *Revista UtecNoticias.* Obtenido de <https://www.frbb.utn.edu.ar/utec/utec/50/sobre-la-energia-eolica-y-la-luz-mala.php>

EcuRed. (07 de MARZO de 2017). Obtenido de https://www.ecured.cu/Central_termoel%C3%A9ctrica

edp España. (07 de FEBRERO de 2017). *edp.* Obtenido de <https://www.sostenibilidadedp.es/pages/index/central-geotermica>

endesa. (07 de FEBRERO de 2017). Obtenido de http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xiv.-las-centrales-de-biomasa

endesa. (07 de FEBRERO de 2017). Obtenido de http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xiii.-las-centrales-eolicas

endesa. (07 de FEBRERO de 2017). Obtenido de http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xii.-las-centrales-solares

Energías Renovables. (27 de Febrero de 2015). Obtenido de <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/impacto-medioambiental-energia-solar/>

EVOLUCIÓN DE COSTOS ERNC. (14 de FEBRERO de 2017). Obtenido de http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno12/costosernc/C_Geo.html

FIDE. (s.f.). *Ahorrar energía eléctrica y usarla eficientemente es bueno para todos.*

G.Sullivan, W. (2004). *Ingeniería económica de DeGarmo.* Pearson.

GREENPEACE Greenpeace España. (26 de Mayo de 2017). Obtenido de <http://www.greenpeace.org/espana/es/Trabajamos-en/Fin-de-la-era-nuclear/Accidentes/>

Gutman, V. C. (2009). *ECONOMIA XXXIV,* 11-35.

Harper Enríquez, G. (2004). *El libro práctico de generadores ,transformadores y motores eléctricos.* México: Limusa.

Harper Enriquez, G. (2009). *Tecnologías de generación de energía eléctrica.* LIMUSA.

IMCO. (2015). *CEL'S CONSIDERACIONES PARA PROMOVER SU INVERSIÓN.*

INECC. (2016). *Estudios de cadenas de valor de tecnologías seleccionadas para apoyar la toma de decisiones en materia de mitigación en el sector de generación eléctrica y contribuir al desarrollo de tecnologías*. México,D.F.

investing.com. (21 de SEPTIEMBRE de 2016). Obtenido de <http://mx.investing.com/currencies/usd-mxn-historical-data>

investing.com. (8 de Enero de 2017). *investing.com*. Obtenido de <https://mx.investing.com/currencies/usd-mxn>

IRENA. (2015). *RENEWABLE ENERGY PROSPECTS: MÉXICO* .

IRENA. (2015). *RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2014*.

Llamas, A. (2004). Tecnologías y combustibles para la generación eléctrica. *Reunión de verano* . Acapulco Guerrero.

Lloret, A. (2010). Guía estratégica para implementar acciones de sustentabilidad en la empresa. *dirección estratégica La revista de negocios de la ITAM*.

Mariño Lopez, C. A. (2014). Conversión de las centrales de combustóleo a otros combustibles. Proyectos esenciales para mejorar la eficiencia económica de generación. *Boletín IIE*.

Moreno , P. A. (2007). *Teoría genral de sistemas módulo*. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Mulvaney, D. (13 de Noviembre de 2014). *IEEE SPECTRUM*. Obtenido de <http://www.microsofttranslator.com/BV.aspx?ref=IE8Activity&a=http%3A%2F%2Fspectrum.ieee.org%2Fgreen-tech%2Fsolar%2Fsolar-energy-isnt-always-as-green-as-you-think>

MUNDO SOLAR. (14 de FEBRERO de 2017). Obtenido de <http://www.dforcesolar.com/energia-solar/cuanto-dura-un-panel-solar/>

NIH Instituto nacional del cancer. (19 de Abril de 2011). *NIH Instituto nacional del cancer*. Obtenido de <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/radiacion/hoja-informativa-accidentes-plantas-nucleares>

Öko-institut e.V. (28 de AGOSTO de 2006). *Comparing greenhouse-gas emissions and abatement costs of Nuclear and Alternative energy options from a life-cycle perspective*. Obtenido de <http://www.microsiervos.com/archivo/ecologia/emisiones-co2-energia-nuclear.html>

PEMEX. (2015). *ANUARIO ESTADISTICO 2014*.

Ponce Talancón, H. (2006). La matriz FODA: una alternativa para realizar diagnósticos y determinar estrategias de intervención en las organizaciones productivas y sociales.

PONCE, E. (07 de FEBRERO de 2017). Obtenido de <http://ahorroenergiaernestopj.blogspot.mx/2011/11/centrales-generadoras-de-combustion.html>

- Portal educativo conectando neuronas* . (17 de Abril de 2016). Obtenido de <http://www.portaleducativo.net/sexta-basico/756/Energia-renovable-y-no-renovable>
- PWC. (2015). *ESTUDIO SOBRE LAS INVERSIONES NECESARIAS PARA QUE MÉXICO CUMPLA CON SUS METAS DE ENERGÍAS LIMPIAS* .
- Quintero, E. (19 de Julio de 2016). *TGS en ingeniería de agroecología*. Obtenido de <http://edfloqui.blogspot.mx/>
- RENOVABLESVERDES*. (14 de FEBRERO de 2017). Obtenido de <https://www.renovablesverdes.com/vida-util-de-la-tecnologia-para-produccion-de-energia/>
- Reuters. (12 de MAYO de 2016). *EXCELSIOR*. Obtenido de <http://www.excelsior.com.mx/global/2016/05/12/1092158#view-1>
- reve Revista eólica y vehículo eléctrico*. (20 de Julio de 2014). Obtenido de <http://www.evwind.com/2014/06/20/desmitificar-las-energias-renovables-eolica-y-energia-solar-fotovoltaica/>
- SE. (20 de Mayo de 2016). *Secretaría de economía*. Obtenido de <http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/uranio/mineriauranio>
- Secretaría de Energía. (16 de Julio de 2015). *gob.mx*. Obtenido de <http://www.gob.mx/sener/articulos/desarrollo-sostenible>
- SENER. (2012). *Prospectiva de Energías Renovables* . México.
- SENER. (2013). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027* . MEXICO .
- SENER. (2014). *Recursos renovables para la producción de electricidad en México*. Mexico,DF.
- SENER. (2015). *Prospectiva de energías renovables 2015-2029*. Mésico.
- SENER. (2015). *Prospectiva de petróleo crudo y petrolíferos 2015-2029*. México.
- SENER. (2015). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029*. MÉXICO.
- Sepúlveda L., C. (1995). *Diccionario de términos económicos*. Santiago de Chile: UNIVERSITARIA.
- unesa. (25 de Mayo de 2015). *unesa Asociación española de la industria eléctrica*. Obtenido de <http://www.unesa.es/sector-electrico/funcionamiento-de-las-centrales-electricas/1350-central-solartermica>
- unesa. (24 de Mayo de 2017). *unesa Asociación española de la industria eléctrica*. Obtenido de <http://www.unesa.es/sector-electrico/funcionamiento-de-las-centrales-electricas/1349-central-nuclear>
- unesa. (07 de FEBRERO de 2017). *unesa Asociación española de la industria eléctrica*. Obtenido de <http://www.unesa.es/sector-electrico/funcionamiento-de-las-centrales-electricas/1347-central-hidroelectrica>

unesa. (07 de FEBERO de 2017). *unesa Asociación española de la industria electrica*. Obtenido de <http://www.unesa.es/sector-electrico/funcionamiento-de-las-centrales-electricas/1351-central-termica>

unesa. (07 de FEBRERO de 2017). *unesa Asociación española de la industria eléctrica*. Obtenido de <http://www.unesa.es/sector-electrico/funcionamiento-de-las-centrales-electricas/1344-central-eolica>

unesa. (07 de FEBRERO de 2017). *unesa Asociación española de la industria eléctrica*. Obtenido de <http://www.unesa.es/sector-electrico/funcionamiento-de-las-centrales-electricas/1347-central-hidroelectrica>

unesa. (25 de Mayo de 2017). *unesa Asociación española de la industria eléctrica*. Obtenido de <http://www.unesa.es/sector-electrico/funcionamiento-de-las-centrales-electricas/1345-central-fotovoltaica>

unesa. (07 de FEBRERO de 2017). *unesa Asociación española de la industria eléctrica* . Obtenido de <http://www.unesa.es/sector-electrico/funcionamiento-de-las-centrales-electricas/1341-central-biomasa>

VenezolanosOnline. (18 de MARZO de 2016). Obtenido de <http://venezolanosonline.com/fortalezas-oportunidades-debilidades-y-amenazas-matriz-foda/>

ANEXO

A TIPOS DE CENTRALES TERMOELECTRICAS.

LAS CENTRALES TÉRMICAS CONVENCIONALES

Producen energía eléctrica a partir de combustibles fósiles, como son el carbón, el fuelóleo o el gas. Además, utilizan tecnologías clásicas para la producción de electricidad, es decir, mediante un ciclo termodinámico de agua/vapor.

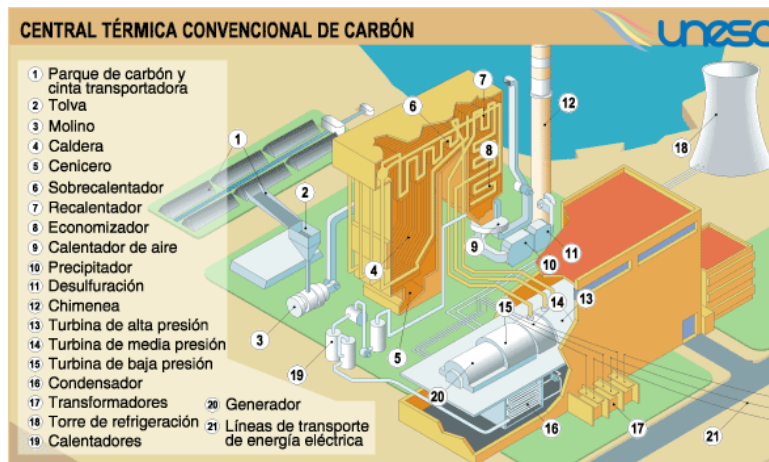


Figura A.1. Central térmica convencional de carbón

El carbón almacenado en el parque (1) cerca de la central es conducido mediante una cinta transportadora hacia una tolva (2) que alimenta al molino (3). Aquí el carbón es pulverizado finamente para aumentar la superficie de combustión y así mejorar la eficiencia de su combustión. Una vez pulverizado, el carbón se inyecta en la caldera (4), mezclado con aire caliente para su combustión.

La caldera está formada por numerosos tubos por donde circula agua, que es convertida en vapor a alta temperatura. Los residuos sólidos de esta combustión caen al cenicero (5) para ser posteriormente transportados a un vertedero. Las partículas finas y los humos se hacen pasar por los precipitadores (6) y los equipos de desulfuración (7), con el objeto de retener

un elevado porcentaje de los contaminantes que en caso contrario llegarían a la atmósfera a través de la chimenea (8).

El vapor de agua generado en la caldera acciona los álabes de las turbinas de vapor (9), haciendo girar el eje de estas turbinas que se mueve solidariamente con el rotor del generador eléctrico (12). En el generador, la energía mecánica rotatoria es convertida en electricidad de media tensión y alta intensidad. Con el objetivo de disminuir las pérdidas del transporte a los puntos de consumo, la tensión de la electricidad generada es elevada en un transformador (13), antes de ser enviada a la red general mediante las líneas de transporte de alta tensión (14).

Después de accionar las turbinas, el vapor de agua se convierte en líquido en el condensador (10). El agua que refrigera el condensador proviene de un río o del mar, y puede operar en circuito cerrado, es decir, transfiriendo el calor extraído del condensador a la atmósfera mediante torres de refrigeración (11) o, en circuito abierto, descargando dicho calor directamente a su origen. (unesa, unesa Asociación española de la industria eléctrica, 2017)

CENTRAL DE CICLO COMBINADO

Es una central en la que la energía térmica del combustible es transformada en electricidad mediante dos ciclos termodinámicos: el correspondiente a una turbina de gas (ciclo Brayton) y el convencional de agua/turbina vapor (ciclo Rankine).

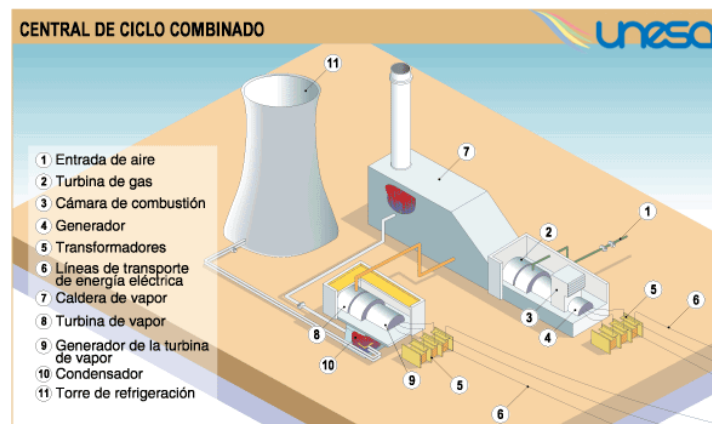


Figura A.2. Central ciclo combinado

La turbina de gas consta de un compresor de aire, una cámara de combustión y la cámara de expansión. El compresor comprime el aire a alta presión para mezclarlo posteriormente en la cámara de combustión con el gas. En esta cámara se produce la combustión del combustible en unas condiciones de temperatura y presión que permiten mejorar el rendimiento del proceso, con el menor impacto ambiental posible.

A continuación, los gases de combustión se conducen hasta la turbina de gas (2) para su expansión. La energía se transforma, a través de los álabes, en energía mecánica de rotación que se transmite a su eje. Parte de esta potencia es consumida en arrastrar el compresor (aproximadamente los dos tercios) y el resto mueve el generador eléctrico (4), que está acoplado a la turbina de gas para la producción de electricidad. El rendimiento de la turbina aumenta con la temperatura de entrada de los gases, que alcanzan unos 1.300 °C, y que salen de la última etapa de expansión en la turbina a unos 600 °C. Por tanto, para aprovechar la energía que todavía tienen, se conducen a la caldera de recuperación (7) para su utilización.

La caldera de recuperación tiene los mismos componentes que una caldera convencional (precalentador, economizador, etc.), y, en ella, los gases de escape de la turbina de gas transfieren su energía a un fluido, que en este caso es el agua, que circula por el interior de los tubos para su transformación en vapor de agua.

A partir de este momento se pasa a un ciclo convencional de vapor/agua. Por consiguiente, este vapor se expande en una turbina de vapor (8) que acciona, a través de su eje, el rotor de un generador eléctrico (9) que, a su vez, transforma la energía mecánica rotatoria en electricidad de media tensión y alta intensidad. A fin de disminuir las pérdidas de transporte, al igual que ocurre con la electricidad producida en el generador de la turbina de gas, se eleva su tensión en los transformadores (5), para ser llevada a la red general mediante las líneas de transporte (6). El vapor saliente de la turbina pasa al condensador (10) para su licuación mediante agua fría que proviene de un río o del mar. El agua de refrigeración se devuelve posteriormente a su origen, río o mar (ciclo abierto), o se hace pasar a través de torres de refrigeración (11) para su enfriamiento, en el caso de ser un sistema de ciclo cerrado.

Conviene señalar que el desarrollo actual de esta tecnología tiende a acoplar las turbinas de gas y de vapor al mismo eje, accionando así conjuntamente el mismo generador eléctrico.

CENTRALES TERMOELÉCTRICAS TURBOGAS

La generación de energía eléctrica en las unidades de turbogas, se realiza directamente la energía cinética resultante de la expansión de aire comprimido y los gases de combustión. La turbina está unida al generador de rotor, dando lugar a la producción de energía eléctrica. Los gases de la combustión, se descargan directamente a la atmósfera después de trabajar en la turbina.

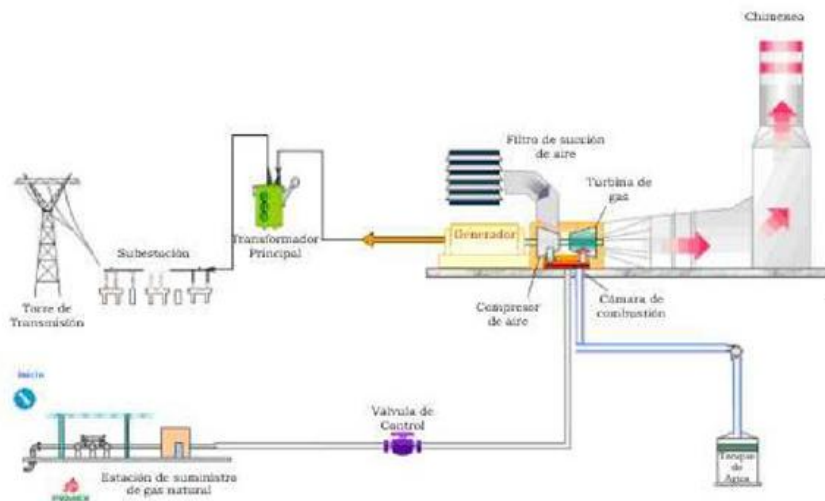


Figura A.3. Central térmica turbogas.

Combustible empleado: Gas carburante, diésel

Recurso No renovable.

Existen altas emisiones de CO₂ a la atmosfera

Genera gases de invernadero como CO₂, monóxido de carbono y otros residuos de la combustión, su aplicación radica en la facilidad para poner en marcha estos grupos de generación de energía.

Capacidad de generación en México: 2185.41Mega watts

CENTRALES GENERADORAS DE COMBUSTIÓN INTERNA

Las plantas de combustión interna están equipadas con motores de combustión interna en la que aprovechan la expansión de gas de combustión para obtener energía mecánica, que luego se transforma en energía eléctrica en el generador.

Esquema de una planta de combustión interna

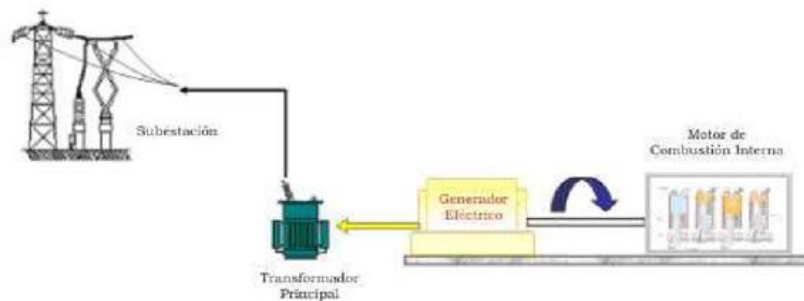


Figura A.4. Central térmica combustión interna.

Las plantas de combustión interna son usualmente alimentadas por gasóleo, y en el caso de la planta ubicada en San Carlos, Baja California Sur, para alimentar sus dos motores de combustión interna utilizan una mezcla de combustóleo y el gasóleo.

Combustible empleado: Diésel

Recurso No renovable.

Existen altas emisiones de CO₂ a la atmosfera

Genera gases de invernadero como CO₂, monóxido de carbono y otros residuos de la combustión, es una de las tecnologías más ampliamente explotadas a nivel doméstico, industrial y residencial, por su tecnología modular.

(PONCE, 2017)

B.-CENTRAL NUCLEOELÉCTRICA

Se tomará como ejemplo el funcionamiento de una central de agua a presión:

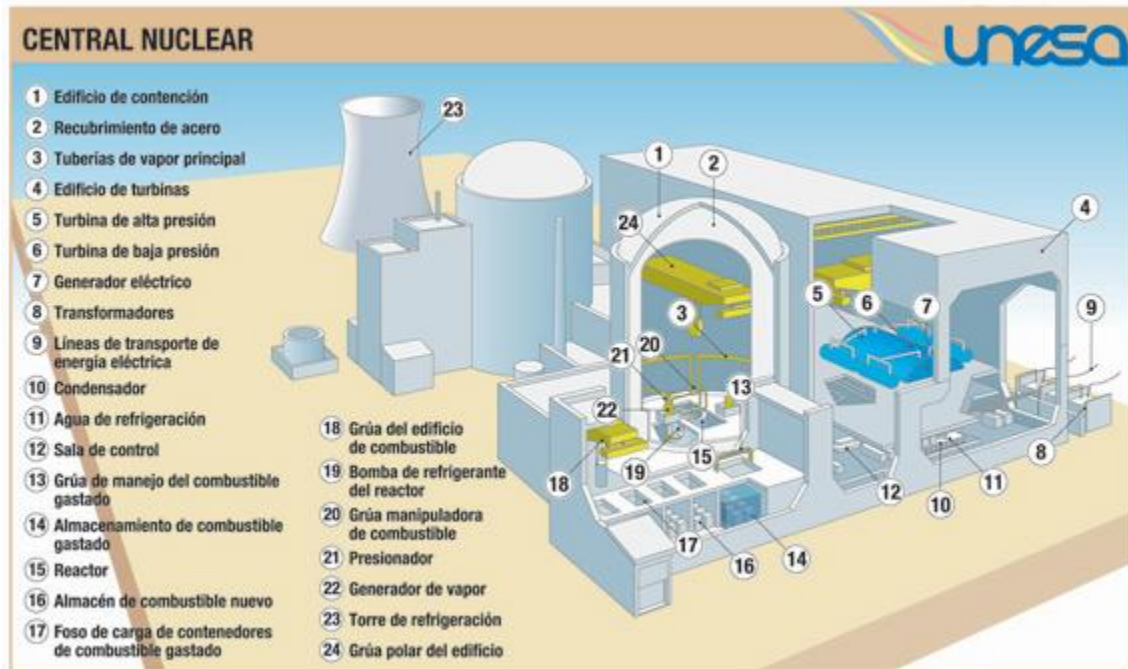


Figura B.1.-Central nuclear

Consta de un edificio de contención (1), que es una construcción blindada y hermética compuesta normalmente por una base cilíndrica acabada por una cúpula. En él se alojan los principales componentes del circuito primario, como son el reactor (10), los generadores de vapor (13), el presionador (12) y las bombas del refrigerante (11). Representa, por tanto, la parte más característica de una central nuclear.

El calor generado por las fisiones de los núcleos del combustible alojado en el reactor se transmite al fluido refrigerante (agua), que se mantiene en estado líquido debido a su gran presión. El refrigerante es conducido hacia los generadores de vapor. A la salida de éstos, el agua vuelve al reactor impulsada por las bombas del refrigerante.

En los generadores de vapor y, sin mezclarse con la del circuito primario, el agua del circuito secundario se convierte en vapor que se conduce al edificio de turbinas a través de las tuberías de vapor principal (2) para accionar los álabes de las turbinas de vapor (3). El vapor que sale de las turbinas pasa nuevamente a estado líquido en el condensador (7).

El agua para refrigerar (8) se toma de un río o del mar y, a través de una o varias torres de refrigeración (9), se enfría antes de devolverla a su origen. La energía del vapor que llega a las turbinas se convierte en electricidad mediante un generador eléctrico (4). La tensión de salida del mismo es aumentada convenientemente mediante transformadores (5) para ser enviada a la red general a través de las líneas de transporte de energía eléctrica (6).

Entre las instalaciones relevantes de una central nuclear se halla, asimismo, el edificio de combustible (14). En él se halla el sistema de almacenamiento de combustible gastado que permite la pérdida gradual de su actividad. El combustible se cargará posteriormente en un contenedor que, tras su limpieza en el foso de descontaminación, será transportado a las instalaciones de almacenamiento definitivo fuera de la central. En dicho edificio se almacena también el combustible que aún no ha sido utilizado en el reactor. (unesa, unesa Asociación española de la industria eléctrica, 2017)

C.-CENTRAL BIOMASA

Hay diversas tecnologías en el funcionamiento de estas plantas. A continuación, se describe el esquema de funcionamiento de una central-tipo de biomasa.

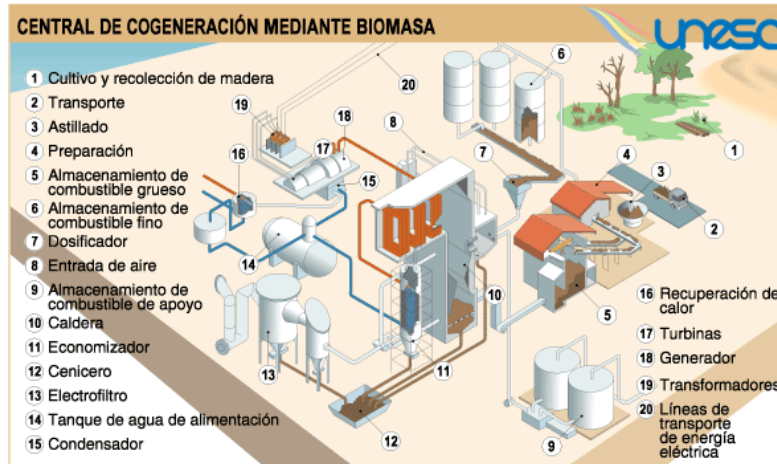


Figura C.1.-Central biomasa

En primer lugar, el combustible principal de la instalación, residuos forestales, agrícolas o cultivos de plantas energéticas (1), es transportado y almacenado en la central. En ella puede ser sometido a un tratamiento de astillado (2) para reducir su tamaño, si ello fuera necesario. A continuación, pasa a un edificio de preparación del combustible (3), en donde generalmente se clasifica en función de su tamaño, fino y grueso, para después ser llevados a los correspondientes almacenes (4, 5 y 6).

El combustible, una vez preparado, se lleva a la caldera (7) para su combustión, y el calor producido hace que el agua que circula por las tuberías de la caldera se convierta en vapor de agua. Generalmente la caldera tiene una parrilla donde se quema el combustible grueso. El combustible fino se mezcla con el combustible de apoyo (generalmente un derivado del petróleo) procedente de su almacén (6), para ser quemado de la forma más eficiente posible.

El agua que circula por el interior de la caldera proviene del tanque de alimentación (10); antes de entrar allí, el agua ha pasado generalmente por un economizador, donde es precalentada mediante el intercambio de calor con los gases de combustión que salen de la

propia caldera. Estos gases de combustión son sometidos a un proceso de recirculación por la caldera para reducir la cantidad de inquemados y así, aprovechar al máximo el poder energético y reducir las emisiones atmosféricas.

Asimismo, los gases de combustión son limpiados por los equipos de depuración (9), antes de ser vertidos a la atmósfera a través de una chimenea. Las partículas retenidas, junto con las cenizas de la combustión, son conducidas al cenicero (8) para ser transportadas posteriormente a un vertedero.

Al igual que se hace en otras centrales térmicas convencionales, el vapor generado en la caldera se expande en la turbina de vapor (12) que mueve el generador eléctrico (13), donde se produce la energía eléctrica que, una vez elevada su tensión en los transformadores (14), se vierte a la red general mediante las líneas de transporte (15) correspondientes.

El vapor de agua proveniente de la turbina es transformado en líquido en el condensador (11), y de ahí es enviado nuevamente al tanque de alimentación (10), cerrándose así el circuito principal del agua en la central.

Desde el punto de vista de cambio climático, se considera que los gases de invernadero emitidos en la producción de electricidad a partir de la biomasa no tienen impacto negativo, ya que el CO₂ producido en la combustión es aproximadamente el mismo que la cantidad fijada por la masa vegetal durante su crecimiento. En cualquier caso, en la hipótesis de no utilizarse la biomasa en una central, el CO₂ volvería a la atmósfera a través del proceso natural de descomposición de la materia orgánica. (unesa, unesa Asociación española de la industria eléctrica , 2017)

D.-CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Si se toma como ejemplo un emplazamiento de una central de acumulación con la central eléctrica a pie de presa, un esquema simplificado de su funcionamiento es el siguiente:

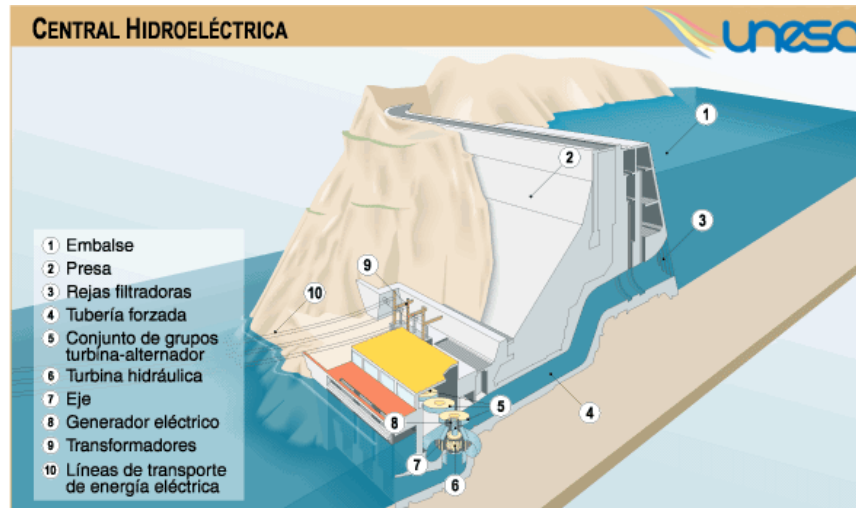


Figura D.1.-Central hidroeléctrica

La presa (2), situada en el lecho de un río, acumula artificialmente un volumen de agua para formar un embalse (1), lo que permite que el agua adquiera una energía potencial (masa a una cierta altura) que luego se transformará en electricidad. Para ello, se sitúa en el paramento aguas arriba de la presa, o en sus proximidades, una toma de agua protegida por una rejilla metálica (3) con una válvula que permite controlar la entrada del agua en la galería de presión, previa a una tubería forzada (4) que conduce finalmente el agua hasta la turbina situada en la sala de máquinas de la central. El agua a presión de la tubería forzada va transformando su energía potencial en cinética, es decir, va perdiendo altura y adquiriendo velocidad. Al llegar a las máquinas, actúa sobre los álabes de la turbina hidráulica (5), transformando su energía cinética en energía mecánica de rotación. El eje de la turbina está unido al del generador eléctrico (6) que, al girar, convierte la energía rotatoria en corriente alterna de media tensión y alta intensidad. Mediante transformadores (7), es convertida en corriente de baja intensidad y alta tensión, para ser enviada a la red general mediante las líneas de transporte (8).

Una vez que ha cedido su energía, el agua es restituida al río, corriente abajo de la central, a través del canal de desagüe. (unesa, unesa Asociación española de la industria eléctrica, 2017)

E.-CENTRAL GEOTÉRMICA

En la figura se describe el funcionamiento de una central geotérmica.

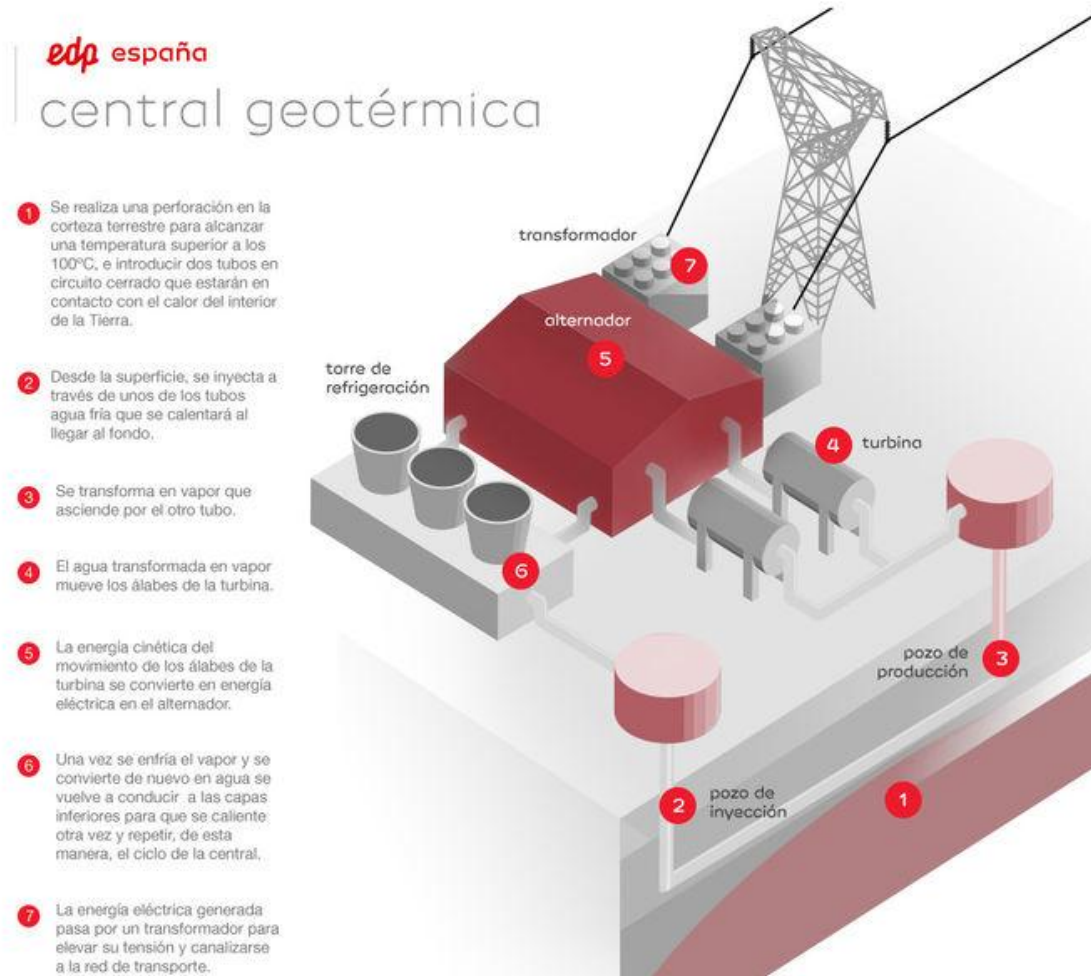


Figura E.1.-Central geotérmica

Fuente: (edp España, 2017)

F.-CENTRAL EOLICA

Generalmente se agrupan en un mismo emplazamiento varios aerogeneradores, dando lugar a los llamados parques eólicos, que pueden verse en la cima de numerosas montañas del país.

Existe una gran cantidad de modelos de aerogeneradores, si bien pueden agruparse en dos grandes conjuntos: los de eje vertical y los de eje horizontal.

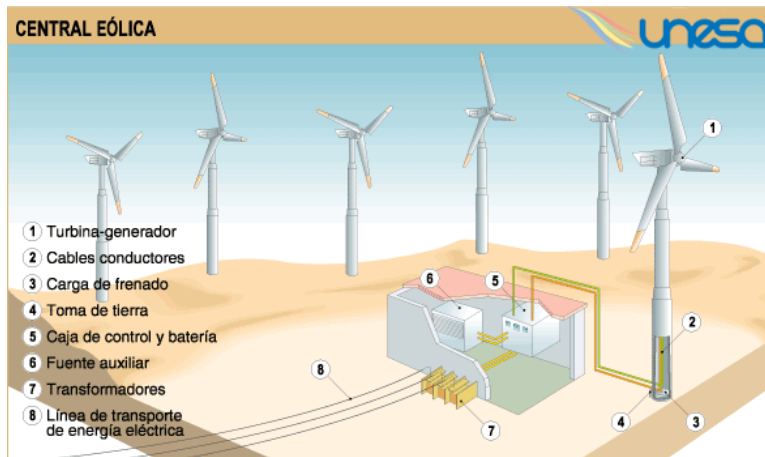


Figura F.1.-Central eólica

Funcionamiento de un tipo de aerogenerador de eje horizontal:

Sobre una torre soporte (3) se coloca una góndola (2), que aloja en su interior un generador, el cual está conectado, mediante una multiplicadora, a un conjunto de palas (1).

La energía eléctrica producida por el giro del generador es transportada mediante cables conductores (4) a un centro de control (6) desde donde, una vez elevada su tensión por los transformadores (8), es enviada a la red general mediante las líneas de transporte de alta tensión (9).

Dado el carácter aleatorio de la producción de energía eléctrica por vía eólica, las centrales de este tipo deben disponer de una fuente auxiliar (7) para tener garantizado en todo momento el suministro de energía eléctrica.

Debido a la altura en la que se encuentra el generador y al rozamiento que el aire produce sobre éste, es conveniente que el equipo tenga una toma a tierra (5), para evitar la electricidad estática.

Asimismo, para el control de la velocidad del generador existen tecnologías que permiten regular, dentro de unos límites, las revoluciones de las palas, independientemente de la velocidad del viento (unesa, unesa Asociación española de la industria eléctrica, 2017)

G.-CENTRAL FOTOVOLTAICA

El funcionamiento de una central fotovoltaica puede resumirse de la siguiente forma:

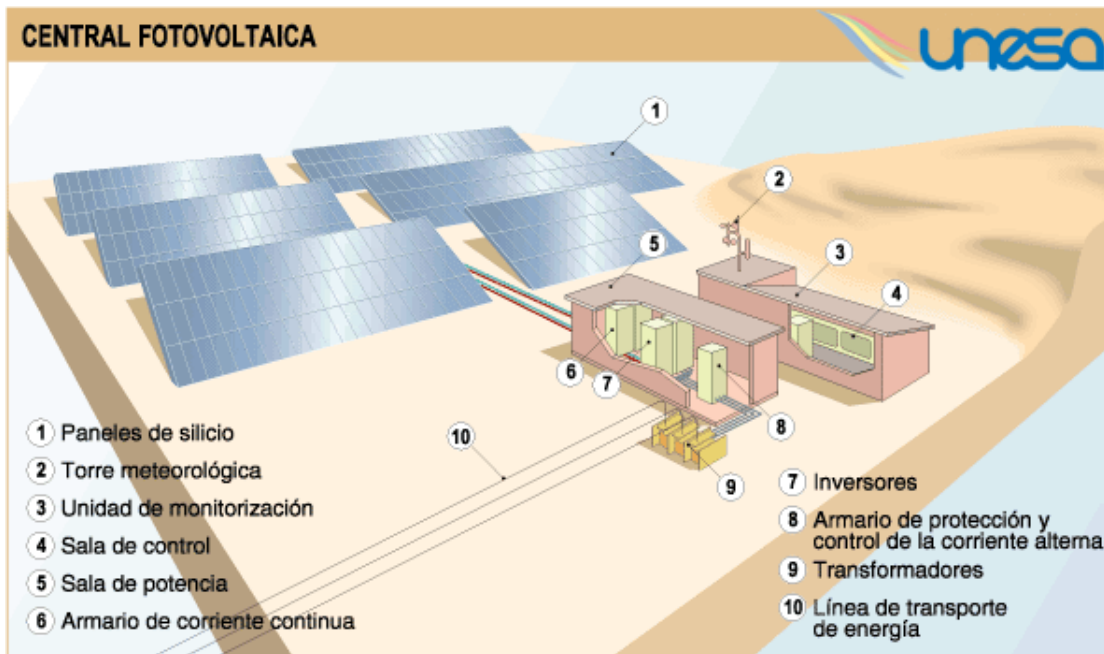


Figura G.1.-Central fotovoltaica

El elemento básico de una central fotovoltaica es el conjunto de células fotovoltaicas, que captan la energía solar, transformándola en corriente eléctrica continua mediante el efecto fotoeléctrico. Están integradas, primero, en módulos y luego se forman con ellos los paneles fotovoltaicos (1).

Lógicamente, la producción de electricidad de dichas células depende de las condiciones meteorológicas existentes en cada momento, fundamentalmente de la insolación. Dichas condiciones son medidas y analizadas con la ayuda de una torre meteorológica (2). Como la energía eléctrica que circula por la red de transporte lo hace en forma de corriente alterna, la corriente continua generada en los paneles solares debe ser transformada a corriente alterna. Es conducida, entonces, primeramente a un armario de corriente continua (4), para ser convertida en corriente alterna por medio de un inversor (5) y ser finalmente transportada a un armario de corriente alterna (6). Posteriormente, la energía eléctrica producida pasa por un

centro de transformación (7) donde se adapta a las condiciones de intensidad y tensión de las líneas de transporte (8) para su utilización en los centros de consumo.

El funcionamiento de todos los equipos de la central se supervisa desde la sala de control (3), en la que se recibe información de los distintos sistemas de la instalación: torre meteorológica, inversor, armarios de corriente continua y alterna, centro de transformación, etc. (unesa, unesa Asociación española de la industria eléctrica, 2017)

H.-CENTRAL SOLAR TÉRMICA

El esquema de funcionamiento de una central termosolar del tipo torre central sería:

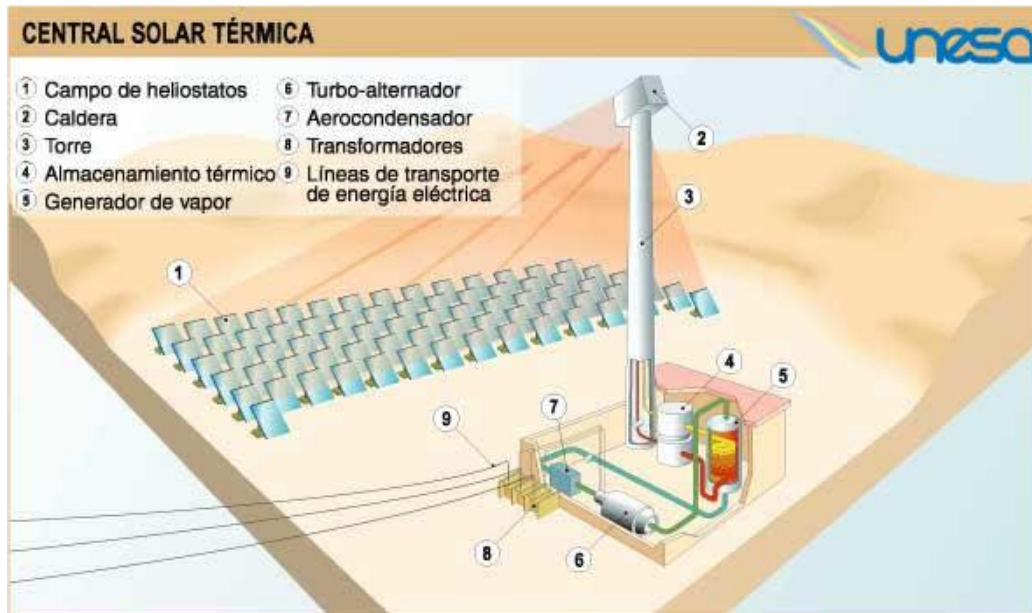


Figura H.1.-Central solar térmica

Una central de este tipo, está formada por un campo de heliostatos (1) o espejos direccionales de grandes dimensiones, que reflejan la luz del sol y concentran los haces reflejados en una caldera (2) situada sobre una torre (3) de gran altura. En la caldera, el aporte calorífico de la radiación solar reflejada es absorbido por un fluido térmico (sales fundidas, agua u otros). Dicho fluido es conducido hacia un generador de vapor (5), donde transfiere su calor a un segundo fluido, generalmente agua, el cual es convertido así en vapor. A partir de este momento el funcionamiento de la central es análogo al de una central térmica convencional. Por tanto, este vapor es conducido a una turbina (6) donde la energía del vapor es convertida en energía mecánica rotatoria que permite al generador (7) producir electricidad. El fluido es posteriormente licuado en un condensador (8) para repetir el ciclo.

Como la producción de una central solar depende en gran medida de las horas de insolación, para aumentar y estabilizar su producción, suele disponerse de sistemas de almacenamiento

térmico o sistemas de apoyo (4) intercalados en el circuito de calentamiento.

La energía producida, después de ser elevada su tensión en los transformadores (9), es transportada mediante las líneas de transporte eléctricas (10) a la red general del sistema (unesa, unesa Asociación española de la industria eléctrica, 2015)

I.-LCOE CALCULADOS CON LA TEORÍA DE MÍNIMOS CUADRADOS.

Los costos nivelados de generación se obtuvieron en pesos/KWH, se multiplico por 1000 y se hizo la conversión a USD/MWH utilizando los valores de (investing.com, 2017) para cada año señalado en la tabla.

NUCLEAR		
AÑO	X	Y (USD/MWH)
2002	1	75.1
2003	2	69.31
2004	3	83.92
2005	4	71.16
2006	5	75.79
2007	6	83.33
2008	7	72.95
2014	13	104.95

Tabla I.1.-Costos nivelados de generación energía nuclear 2002-2008

Fuente: (cemaer Centro de estudios en medio ambiente y energías renovables, 2017)

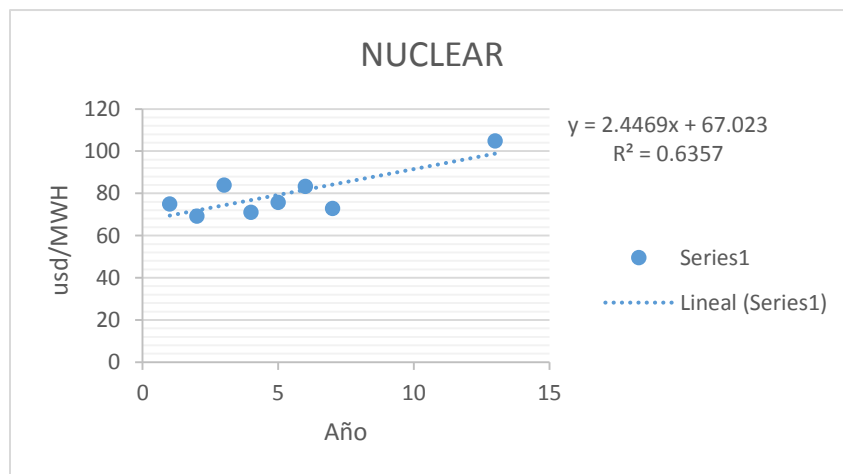


Figura I.1. Calculo del LCOE de la energía nuclear en 2030.

Con la ecuación $y = 2.4469x + 67.23$ haremos el cálculo para el año 2030

$X = 29.$, por ser el número de datos del año 2002 al año 2030.

Por lo tanto el valor de $y= 141$

COMBUSTÓLEO		
AÑO	X	Y USD/MWH
2002	1	45.91
2003	2	57.3
2004	3	60.95
2005	4	72.08
2006	5	93.15
2007	6	97.06
2008	7	140.56
2014	13	146

Tabla I.2.-Costos nivelados de generación del combustóleo 2002-2008

Fuente: (cemaer Centro de estudios en medio ambiente y energías renovables, 2017)

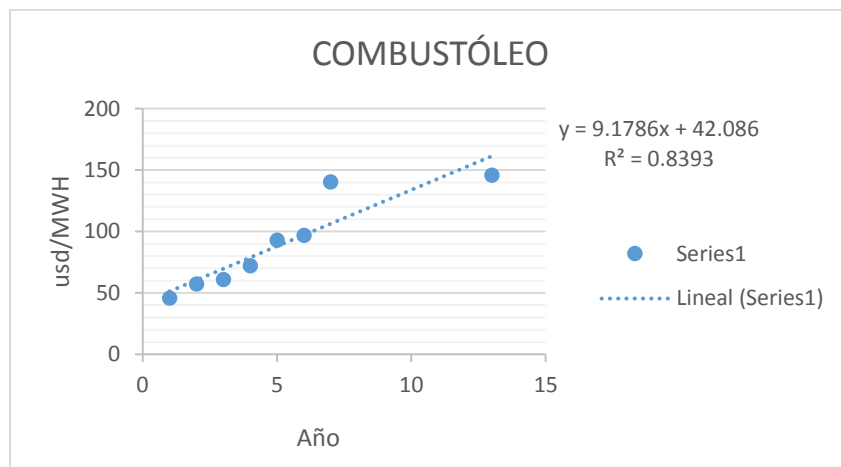


Figura I.1. Cálculo del LCOE del combustóleo en 2030.

Con la ecuación $y = 9,1786x + 42.086$ haremos el cálculo para el año 2030

$X = 29$, por ser el número de datos del año 2002 al año 2030.

Por lo tanto el valor de $y = 317$

J.- CÁLCULOS DE LAS OPCIONES DE IMPLEMENTACIÓN

La perspectiva de la SENER es para el año 2029, los cálculos se hacen con datos que se recabaron en el contexto para el año 2030

A) El 8.2% de los 470,431.7 GWH de la energía generada en el 2029 será energía nuclear, si este porcentaje se redujera al 4.1 %, empleando el otro 4.1% la energía eólica.

Tabla J1. Cálculos propuesta de energía nuclear de la SENER.

Fuente	SEN 2029 %	GWH	Costo nivelado de generación USD/GWH	Costo nivelado de generación total millones de USD	Emisiones CO2 Tm/GWH	Emisiones totales CO2/GWH
Nuclear	8.2	38575.3994	140000	5400.555916	45	1735892.973

Tabla J2. Cálculos propuesta A

Fuente	Propuesta “A” %	GWH	Costo nivelado de generación USD/GWH	Costo nivelado de generación total millones de USD	Emisiones CO2 Tm/GWH	Emisiones totales co2/GWH
Nuclear	4.1	19287.6997	140000	2700.28	45	867946.4865
Eólica	4.1	19287.6997	80000	1543.02	20	385753.994
Total	8.2			4243.29		1253700.481

De tablas J.1 y J.2 se obtienen las figuras 4.7 y 4.8.

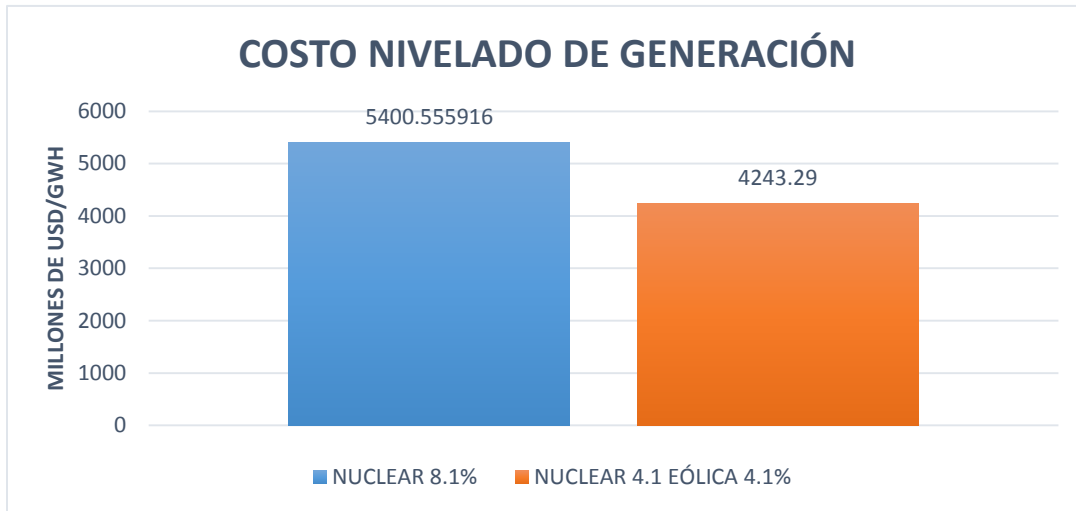


Figura 4.7. Costo nivelado de generación (LCOE) empleando energía nuclear (4.1%) y energía eólica (4.1%) para la propuesta se la SENER 2029

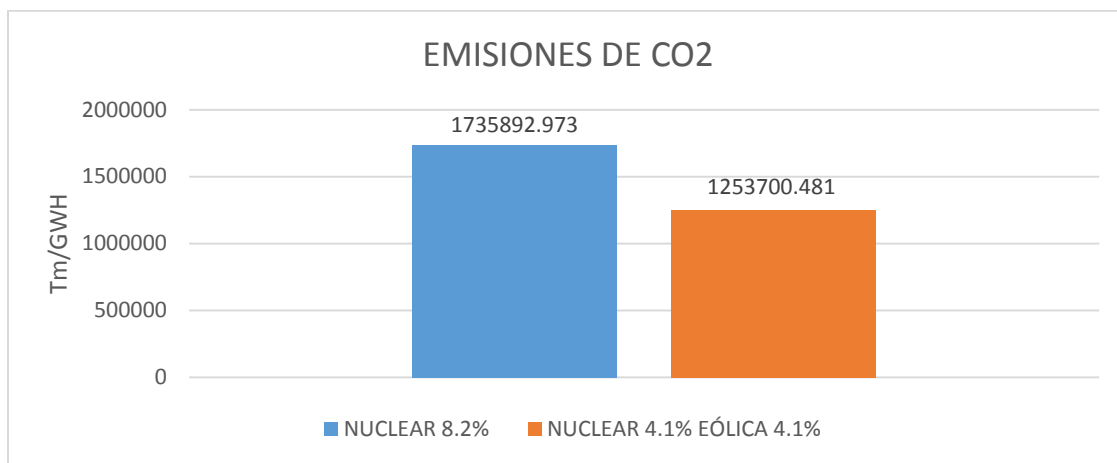


Figura 4.8.-Emisiones de CO2, empleando energía nuclear (4.1%) y energía eólica (4.1%) para la propuesta se la SENER 2029.

B) El 8.2% de los 470,431.7 GWH de la energía generada en el 2029 será energía nuclear, si este porcentaje se redujera al 4.1 %, empleando el otro 4.1% la energía solar.

Tabla J3. Cálculos propuesta B

Fuente	Propuesta "B"	GWH	Costo nivelado generación USD/GWH	Costo nivelado de generación total millones de USD	Emisiones CO2 Tm/GWH	Emisiones totales CO2/GWH
Nuclear	4.1	19287.6997	140000	2700.28	45	867946.4865
Solar	4.1	19287.6997	112500	2169.87	20	385753.994
Total	8.2	38575.3994		4870.14		1253700.481

De tablas J.1 y J.3 se obtienen las figuras 4.9 y 4.10.

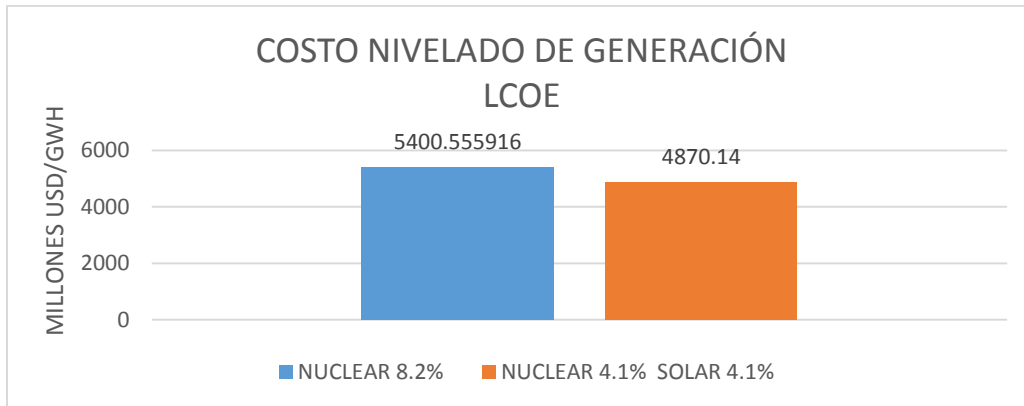


Figura 4.9. Costo nivelado de generación (LCOE) empleando energía nuclear (4.1%) y energía solar (4.1%) para la propuesta se la SENER 2029

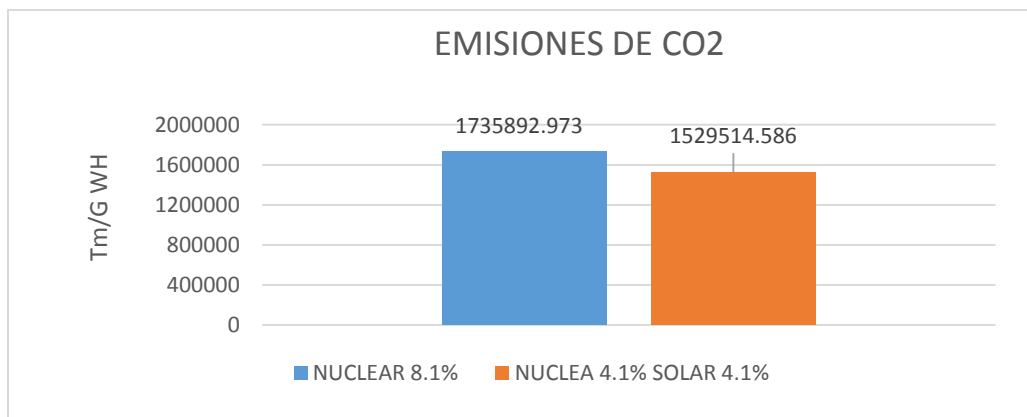


Figura 4.10.-Emisiones de CO2, empleando energía nuclear (4.1%) y energía solar (4.1%) para la propuesta se la SENER 2029.

C) el 8.2% de los 470,431.7 KWH de la energía generada en el 2029.si se redujera su porcentaje al 4.1, empleando energía solar (2.05%) y eólica (2.05%).

Tabla J.4. Cálculos de la propuesta C

Fuente	Propuesta "C" %	GWH	Costo nivelado generación USD/GWH	Costo nivelado de generación total millones de USD	Emisiones co2 Tm/GWH	Emisiones totales CO2/GWH
Nuclear	4.1	19287.6997	140000	2700.28	45	867946.4865
Eólica	2.05	9643.84985	80000	771.51	20	192876.997
Solar	2.05	9643.84985	112500	1084.93	34.3	330784.0499
	8.2			4556.72		1391607.533

De tablas J.1 y J.4 se obtienen las figuras 4.11 y 4.12.

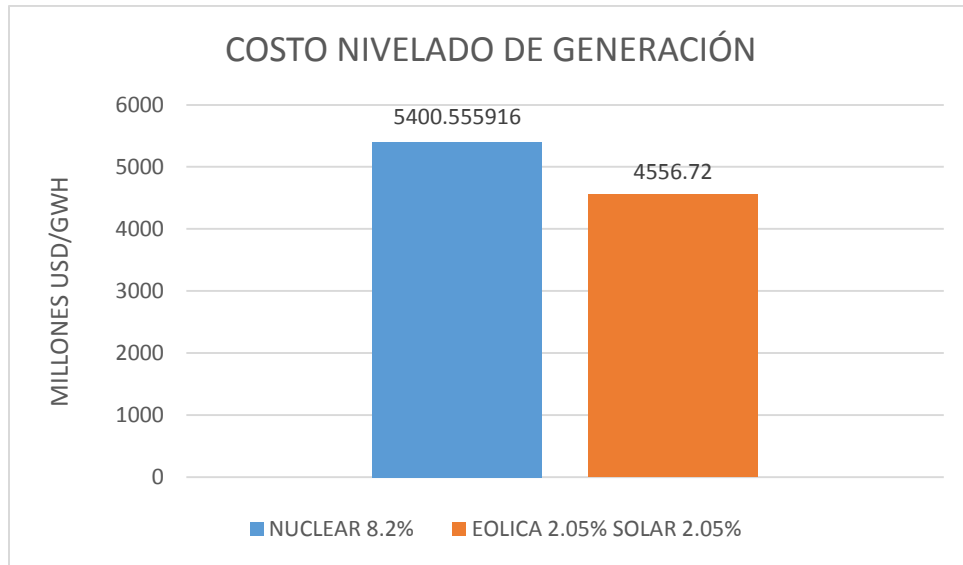


Figura 4.11. Costo nivelado de generación (LCOE) empleando energía nuclear (4.1%), energía eólica (2.05%) y energía solar (2.05%) para la propuesta se la SENER 2029.

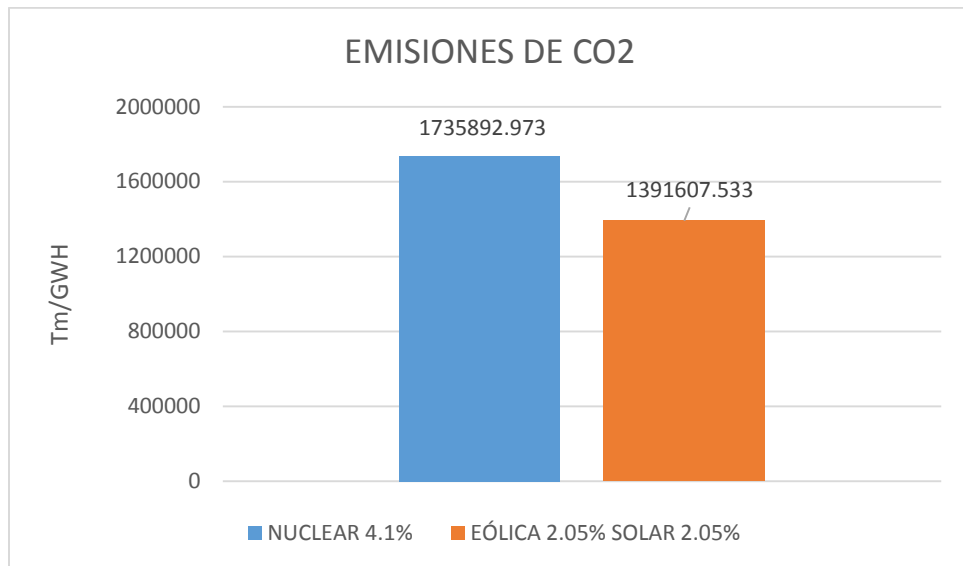


Figura 4.12. Emisiones de CO2 empleando energía nuclear (4.1%), energía eólica (2.05%) y energía solar (2.05%) para la propuesta se la SENER 2029.

K.-AHORRO DE ENERGÍA Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA.

AHORRO DE ENERGÍA.

De una cantidad de recursos energéticos dados, elegimos reservarlos, almacenarlos para más tarde, tomando para ello medidas muy específicas. El ahorro de energía es una buena idea, pero no representa una solución a largo plazo. Estamos tomando recursos energéticos que ya existen y reservándolos para otros usos. (Certificado de eficiencia energética, 2017)

Ofreciendo un concepto más preciso podríamos decir que ahorrar energía es el acto de ahorrar los recursos energéticos reduciendo su servicio. En otras palabras, para ahorrar energía hay que dejar de utilizarla. (Certificado de eficiencia energética, 2017)

EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA.

Contamos con ciertas fuentes de energía, bueno, al usarlas de forma eficiente estamos explotando hasta la más mínima cantidad y en la mejor forma posible, de forma que además, no implique una reducción de nuestra calidad de vida. Utilizar eficientemente la energía representa precisamente hacer un uso de gran calidad de nuestros recursos energéticos. En último término, se traduce inclusive en un ahorro, pero ése no es su objetivo principal. (Certificado de eficiencia energética, 2017)

La forma más clara de mantener diferenciados los conceptos es pensando en el ahorro de energía como “recortar el uso de energía” y en la eficiencia energética como “usar la energía de forma más efectiva”. En la figura K.1 se observan algunas acciones de ahorro y uso eficiente de energía. (Certificado de eficiencia energética, 2017)

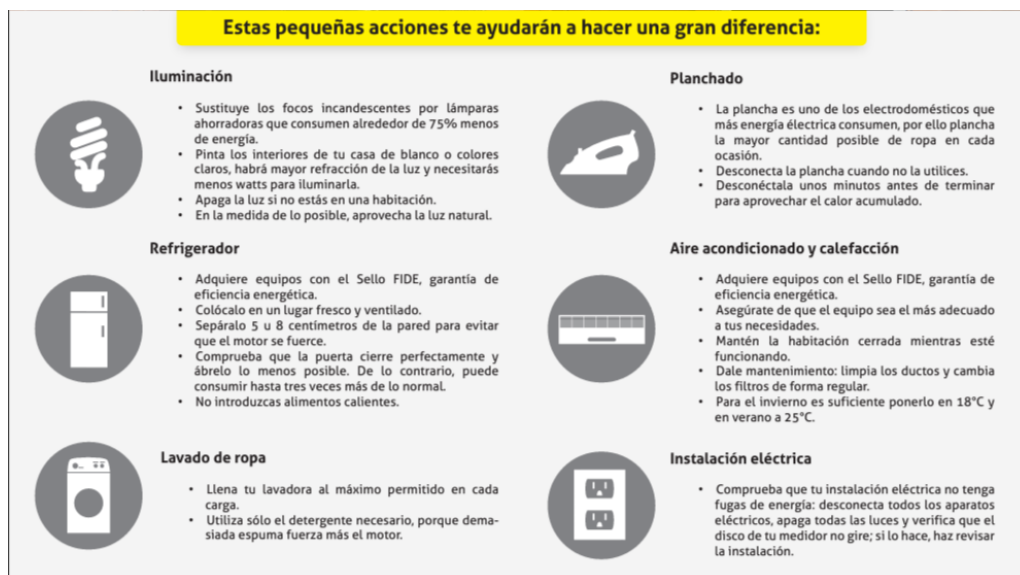


Figura K.1. Acciones de ahorro y uso eficiente de la energía

Fuente: (FIDE)