

**UNIVERSIDAD  
PANAMERICANA**

**Escuela de Gobierno y Economía**

**Posgrado**

**Análisis de viabilidad para el uso de Energía Solar en  
Petróleos Mexicanos**

**Asyadeth Lozada Gómez**

**Maestría en Economía y Regulación Energéticas**

Directora de la tesis: Dra. Magnolia Miriam Sosa Castro

Ciudad de México, a 02 de marzo de 2022

## Dedicatoria y Agradecimientos

A Sara, Natalia y Leonardo, por ser todo en mi vida.

A Oldrich, Kazia y Renato, por siempre estar.

A Mak y Bety, por creer en mí.

A Rosario, Enrique y Yolanda, donde quiera que estén.

Gracias infinitas a la Dra. Miriam Sosa, por su tiempo, consejos, guía y paciencia.

Gracias al Dr. Francisco Ortiz, por todo su tiempo, consejos y apoyo.

Gracias a Rodrigo Reveles, César Ramírez, Moises Quiroz, Antonio Morales, Carlos Leo, Enrique Zagala, Abel Yañez, Cuauhtemoc Alonso Serna, José María del Olmo y Carlos Cortez, por su apoyo y comentarios para la realización de este trabajo.

Gracias a mis compañeros de maestría por su amistad, su apoyo y por hacer de éste un viaje feliz.

# ÍNDICE

Dedicatoria y Agradecimientos .....	1
Introducción .....	5
Capítulo 1. Desarrollo, Implementación, Evolución e Impacto de Las Energías Limpias en el Contexto Global .....	10
1.1 Globalización y Energías Limpias .....	10
1.2 Matices y Tendencias Ambientales a Nivel Global .....	15
1.2.1 Efectos de la Contaminación en la Salud Humana .....	15
1.2.2 Acciones en Contra del Cambio Climático .....	18
1.2.3 Consumo Energético y la Emisión de Gases Contaminantes .....	22
1.3 Adopción de Energías Limpias como una Solución al Problema Ambiental Global ..	26
1.4 Energía Solar como una Fuente Alternativa .....	30
1.4.1 Usos más Comunes de la Energía Solar .....	33
Conclusión Capitular .....	35
Capítulo 2. Definición, Operación, Ventajas y Limitaciones de las Energías Limpias .....	36
2.1 Definición de Energía Limpia .....	36
2.2 Tipos de Energías Limpias .....	39
2.3 Generación de Energía por Medio de Paneles Solares .....	41
2.3.1 Energía Solar Térmica .....	43
2.3.1.1 Colectores de Baja Temperatura .....	44
2.3.1.2 Colectores de Temperatura Media .....	46
2.3.1.3 Colectores de Temperatura Alta .....	47
2.3.1.4 Refrigeración Solar por Absorción y Suelo Radiante .....	49
2.3.2 Energía Solar Fotovoltaica .....	50
2.4 Energía Solar Fotoelectroquímica .....	54
2.5 Energía Solar vs Otras Energías Limpias .....	57
2.6 Radiación Solar en México .....	60
Conclusión Capitular .....	63
Capítulo 3. México y la Generación de Energías Limpias: Una Propuesta de Implementación de Energía Solar en PEMEX .....	64
3.1 Breve Historia de las Energías Limpias en México .....	64
3.2 Diagnóstico y Evolución de México en la Generación de Energías Limpias .....	66

3.2.1 Políticas Enfocadas a las Energías Limpias en México.....	71
3.3 Situación de PEMEX.....	74
3.3.1 Antecedentes.....	74
3.3.2 Contexto Actual y COVID19.....	75
3.3.3 Objetivo y Metas .....	76
3.3.4 Régimen Fiscal en Pemex .....	77
3.3.5 Riesgo Financiero y Previsiones .....	78
3.4 Impacto Ambiental de Pemex.....	80
3.4.1 Acciones de Pemex para Combatir la Contaminación.....	85
3.4.2 Pemex Sustentable.....	87
3.4.3 Cogeneración en Pemex.....	89
Conclusión capitular .....	91
Capítulo 4. Valuación de la Propuesta .....	92
4.1 Metodología de Valuación de la Propuesta .....	92
4.2 Análisis.....	93
4.2.1 Medición de los Consumos del Sistema Actual.....	94
4.2.2 Obtención de Áreas Disponibles para la Instalación del Sistema .....	95
4.2.3 Obtención de Promedios de Radiación Solar Mensual.....	97
4.2.4 Dimensionamiento de los Sistemas Solares .....	98
4.2.5 Matriz de Impacto Ambiental.....	99
4.2.6 Precio Social del Carbono.....	101
4.2.7 Indicadores de Rentabilidad.....	102
4.3 Resultados .....	104
4.3.1 Consumos de la Cogeneración en Nuevo Pemex .....	104
4.3.2 Áreas disponibles para la Instalación del Sistema en Nuevo Pemex.....	108
4.3.3 Promedios de Radiación Solar en Nuevo Pemex.....	109
4.3.4 Dimensionamiento del Sistema de Paneles y Concentradores Solares en Nuevo Pemex .....	110
4.3.5 Cálculo de las Matrices de Impacto Ambiental.....	112
4.3.6 Cálculo del Precio Social del Carbono .....	121
4.3.7 Cálculo de los Indicadores de Rentabilidad.....	122
Conclusiones y Futuras Líneas de Investigación .....	126

Referencias .....	128
Anexos.....	146
Anexo 1. Matrices de Impacto Ambiental .....	146
Anexo 2. Cotizaciones.....	149
Anexo 3. Precios de Compra de Energía a CFE .....	152

## Introducción

“Escojan, o Pemex o el cuidado de la ecología; ¿les gustaría disfrutar de un aire purísimo, pero en chozas y cavernas?, quien quiera vivir en una nación moderna, que no llore por la contaminación ambiental”. (Monsiváis, 1985)

Este trabajo se ha inspirado mi trabajo de 25 años en la empresa Petróleos Mexicanos, en este tiempo he visto cómo Pemex ha contribuido a la economía del país, así como los cambios y esfuerzos internos y externos por contribuir a la grandeza del país y ser la empresa que satisface la demanda de energía de México.

Actualmente, Pemex es una empresa estratégica para el gobierno, contribuye con impuestos importantes que se utilizan para el desarrollo y bienestar del país, y su futuro y objetivos se establecen cada día para cumplir con las situaciones y demandas del País y del Mundo.

En un planeta preocupado por el cambio climático, se tienen muchas preguntas sobre cuál es el rumbo que el país debe tomar respecto al sector energético, las respuestas a estas preguntas definirán el futuro de Pemex.

Estas preguntas no sólo son decisivas si no abrumadoras, ¿México debe seguir procesando petróleo?, ¿Cuánto tiempo durará el petróleo mexicano?, ¿El país debe invertir en energías limpias? ¿Cuál es la mejor energía limpia para México?, ¿las energías limpias serán capaces de satisfacer la demanda energética del país? ¿Debe ser CFE quien invierta en energías limpias?

El objetivo de este trabajo pretende contribuir a la respuesta de estas preguntas, evaluando la viabilidad de inversión en energía solar al interior de Petróleos Mexicanos, utilizando a la Cogeneración como punto de comparación para la adquisición de tecnología de generación de energía térmica para producir vapor y electricidad para el consumo de la Planta de Gas Nuevo Pemex, y el uso de la electricidad dentro de la empresa.

Partiendo de este objetivo, se plantea la siguiente hipótesis: el proyecto de generación de vapor y electricidad, utilizando energía solar térmica, es viable y traerá beneficios económicos para PEMEX generando ahorro en los gastos de operación y consumo de electricidad; se reducirán de emisiones de gases de efecto invernadero, mejorando directamente la salud de los habitantes cercanos y trabajadores y se contribuyendo con los objetivos planteados por el gobierno para cumplir las metas del tratado de Kioto para mantener la temperatura del planeta por debajo de los 2°C.

La Metodología que se utiliza como base para comprobación de esta hipótesis, es la recomendada por Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ por sus siglas en alemán) en colaboración con el Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos (PIAPPEM) y el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), inscrito dentro de la lógica de la Elaboración y Presentación de los Análisis Costo y Beneficio requeridos por la Ley de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria de la SHCP de México.

Esta metodología recomienda la elaboración de un diagnóstico de la situación y los costos actuales, la definición de las alternativas de solución, Descripción del proyecto y la Identificación, cuantificación y valoración de impactos ambientales y el cálculo de los indicadores de rentabilidad.

Pemex es una empresa que por la naturaleza de sus ventas a otros países ha tenido que adoptar programas, leyes y controles internacionales que la convierten en la empresa productiva del estado con mayor visión global.

Las decisiones que se toman para el interior de Pemex, por la magnitud de la empresa, impactan notable y directamente en la economía de la nación, es por esto, cualquier decisión de inversión o cambio dentro de la operación de Petróleos Mexicanos, debe ser evaluada y estudiada detalladamente, porque su implementación o su no implementación, afecta de una u otra manera el bienestar de la población entera.

La dependencia generada hacia los combustibles fósiles ha producido daños al ciclo de vida de nuestro planeta, el avance de la tecnología, los medios de transporte y el modo de vida de los seres humanos, ha evolucionado a costa de la destrucción del medio ambiente, generando ya problemas climáticos importantes.

Este problema ha generado una unión a nivel mundial para combatirlo y evitar la total destrucción como especie sin renunciar a los avances que se han tenido. El desarrollo tecnológico alcanzado hasta nuestros días ha sido posible gracias al consumo excesivo de los combustibles fósiles, contrariamente a lo que se cree, utilizar energías renovables requiere de una tecnología mucho más avanzada, que la utilizada para la energía fósil.

El problema de las emisiones de contaminantes al medio ambiente, se puede definir como un problema de tiempo, el planeta es capaz de eliminar las partículas pero a un tiempo menor al que son quemadas, encontrar el balance entre la capacidad del planeta de autolimpiarse contra el consumo humano de combustibles fósiles, es el reto de la humanidad, el balance puede encontrarse ayudándose con la implementación de las energías limpias, no se trata de desperdiciar la riqueza que los combustibles fósiles traen a una economía, sino más bien utilizarlas en la medida que la naturaleza pueda procesarlas, encontrar el balance entre la economía y la naturaleza.

El costo de los desastres naturales que causa el cambio climático muchas veces es mayor a los costos de inversión para combatirlo, el clima en el planeta es impredecible, las inundaciones y sequías extremas ocasionan para los gobiernos pérdidas materiales, muertes de ciudadanos, incremento en gastos en salud entre otros costos. Invertir en tecnologías renovables a nivel mundial, disminuye estas externalidades y esto adiciona valor a la inversión en energías limpias.

Encontrar el balance e integrar los recursos sin dañar al planeta, es el reto de la humanidad, y tomará quizá todo este siglo para poder realizarse.

El aprovechamiento energético empezó con la energía renovable, sol para generar calor, viento para el transporte, el sol es la base de cualquier otro tipo de energía, tanto las renovables como las no renovables.

En México, desde el principio de nuestra cultura, el sol ha sido un protagonista importante, los aztecas eran llamados el pueblo del sol, y su calendario se conoce como la piedra del sol, en Teotihuacán la principal construcción está dedicada al sol, los Mayas y los Olmecas adoraban al sol, que mejor, que utilizar y aprovechar su energía para contribuir como país, a revertir el problema climático.

Petróleos Mexicanos ha sido durante 83 años la empresa que satisface la demanda de hidrocarburos en el país, se ha distinguido por ser una empresa líder en el campo de hidrocarburos, pasando de ser una pequeña empresa para la producción nacional a una empresa internacional, llegando a estar en los primeros 10 lugares de las empresas más grandes del mundo.

El camino de Pemex no ha sido fácil durante estos años, y sin embargo se ha sostenido por ser una empresa que trabaja para el bienestar nacional, por la importancia del recurso que explota, y por su calidad en todos sus servicios y productos, sin embargo, su futuro es incierto, no solo porque su línea de negocio se basa en el crudo, que no sólo es un recurso finito, sino que su extracción y procesamiento representa la principal fuente de contaminación en el país.

Por esta naturaleza Pemex reconoce que su papel es fundamental en la promoción del desarrollo sustentable, por lo que desde 1999 la empresa emprendió un esfuerzo voluntario por cuantificar la generación de gases de efecto invernadero de sus operaciones con el fin de identificar áreas de oportunidad para su reducción, desde ese año se elabora cada año un informe de Seguridad, Salud y Medio Ambiente, este informe ha evolucionado a lo largo del tiempo y para 2017, este reporte incluía la contribución de Pemex a la agenda de Desarrollo sustentable de las naciones unidas (ODS).

Pemex lleva a cabo proyectos de educación, investigación y conservación de zonas naturales, desarrollando sus actividades de manera responsable, considerando como valores esenciales la protección y conservación del medio ambiente, siempre consciente de su responsabilidad.

El cambio climático no sólo afecta a un grupo de personas o a un país alejado, sino a la misma especie humana, a la vida como se conoce, es una de las principales preocupaciones a nivel mundial, este problema no significa solamente lluvias fuertes, significa un cambio extremo en las fuerzas de la naturaleza que no solo pone en riesgo nuestros hogares, sino también la forma en que vivimos, desde conseguir nuestros alimentos hasta la forma de organizarnos para trabajar y existir.

El papel que juegan los combustibles fósiles en el desarrollo y calidad de vida de la población seguirá siendo de gran importancia, y no se eliminará sino hasta dentro de varias décadas, por lo que Pemex afronta el reto de continuar produciendo los insumos necesarios para el desarrollo y bienestar del país, pero minimizando su emisión de gases de efecto invernadero.

Para lograr el objetivo propuesto, la presente tesis se compone de cuatro capítulos. En el primer capítulo se describen las condiciones, señales y estudios que sensibilizaron a los países del mundo para llevar a cabo reuniones y acuerdos para combatir el cambio climático, como afecta la contaminación en la temperatura del planeta y su relación con los desastres naturales; y cómo esto disparó el desarrollo de tecnología para la generación de energía sin la utilización combustibles fósiles como materia prima, y su contribución para la solución del cambio climático.

En el capítulo dos, se define el concepto de energía limpia en nuestro país, los tipos de energía limpia existentes, sus ventajas, desventajas y usos, concentrándose en los tipos de energía solar y sus aplicaciones, finalmente se realiza una comparación entre las energías limpias y se evalúan las condiciones de México que definen la mejor energía solar para utilizar en el país.

En el capítulo tres se revisa la evolución de las energías limpias en México y cómo México ha implementado leyes para cumplir con sus compromisos firmados en temas de cambio climático, así como la participación de Pemex como industria generadora de contaminación, su participación en el cambio climático y las estrategias que ha implementado para combatirlo y se presenta la propuesta para la utilización de energía solar dentro de Pemex.

Finalmente en el capítulo cuatro se evalúa la propuesta presentada, definiendo las partes de la metodología que se seleccionó para esta evaluación, la descripción de la situación actual, costos actuales de la cogeneración, matrices de impacto ambiental para los tres sistemas de generación de energía: cogeneración, solar térmica y solar fotovoltaica, y la evaluación económica del sistema elegido por ser el más adecuado para los procesos de cogeneración, el cálculo de sus Indicadores económicos y los resultados finales.

## Capítulo 1. Desarrollo, Implementación, Evolución e Impacto de Las Energías Limpias en el Contexto Global

La naturaleza y su fuerza es algo a lo todo ser viviente está expuesto, a través de la observación los seres humanos han podido sobrevivir y protegerse de las inclemencias del tiempo, el clima sin embargo se ha visto alterado por la contaminación, este problema no se trata de un efecto a futuro, el cambio climático es una realidad, y se refleja en huracanes, sequías, inundaciones, derretimiento de los polos, mala calidad del aire y la destrucción de los ecosistemas.

La humanidad y su forma de vida, ha afectado de tal forma la naturaleza, que su fuerza y e impacto es difícilmente predecible. Esto ha causado alarma a nivel mundial, porque la contaminación no solo está afectando el clima, sino también la salud de la población, directamente.

Las energías limpias surgen como una solución a este problema mundial climático y de salud.

En este capítulo se revisarán las condiciones que iniciaron el cambio climático y que llevó a lanzar una nueva forma de hacer y generar energía, las reuniones y tratados internacionales para combatir el cambio climático, las afectaciones a la salud de las emisiones de gases de efecto invernadero, las organizaciones y acuerdos para iniciar el control de la contaminación y la reducción de la temperatura del planeta, cómo el consumo afecta directamente el cambio climático y cómo las energías limpias contribuyen a solucionar el problema y permiten a la población un desarrollo integral.

### 1.1 Globalización y Energías Limpias

Debido al deterioro en la capa de ozono, detectado por G.M.B. Dobson en 1968, y a los cambios climáticos que empezaban a ser más severos en todo el mundo, la ONU en 1983 creó la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, involucrando miembros de todo el mundo tanto de países desarrollados como en vías de desarrollo, para idear un plan global de acción para atacar la situación.

Con un total de 24 miembros, la comisión inició operaciones reuniendo científicos, expertos, organizaciones no gubernamentales y público en general, a fin de entender la situación y las posibles alternativas de solución. En abril de 1987 la Comisión presentó su primer informe llamado "Nuestro futuro común", se le conoce comúnmente como "Informe Brundtland" por el nombre del presidente de la Comisión, Gro Harlem Brundtland, primer ministro de Noruega.

El mensaje principal del informe es: "no puede haber un crecimiento económico sostenido sin un medio ambiente sostenible", por lo que había llegado el momento de establecer a la protección ambiental, como base sobre la cual se definiera el desarrollo económico y social a largo plazo a nivel mundial.

Una parte importante de este informe es que utiliza por primera vez el término desarrollo sostenible, también conocido como sustentable, el mismo Informe Brundtland lo define como:

*"El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas."*

Tomando los resultados de la Comisión, si no se cambian las políticas e instituciones encargadas del desarrollo y la protección al medio ambiente, aumentará la inestabilidad social y ambiental, además de que los encargados de administrar los recursos naturales y de proteger el medio ambiente deberán estar institucionalmente separados de los responsables de la economía. (Pardo, 2000)

Si bien en años pasados el crecimiento económico era considerado la vía para el bienestar de la sociedad, la Comisión demostró que esto provoca daños irreparables al planeta, por lo que el desarrollo sostenible debía garantizar una mejoría en las condiciones sociales y también una mejoría del ecosistema.

La tecnología fue considerada como la principal causa de los problemas ambientales, de ahí que modificarla en un principio, conduciría a la sustentabilidad, siempre y cuando el estilo de vida no fuera una causa importante del deterioro ambiental. (Foster, 2000)

En las últimas décadas, la humanidad ha pasado de un estilo de vida del ahorro a un estilo de consumismo, donde los productos con vida útil corta son los más vendidos y los que mueven a las grandes economías, pero a mayor producción, aumenta la basura y los contaminantes, el planeta no puede equilibrarse a esta velocidad del consumo. (Daly, 1989)

Para atacar los problemas de contaminación causados por la tecnología, surgieron a nivel mundial, dos políticas de desarrollo sostenible orientadas hacia modificaciones tecnológicas, una para controlar emisiones y otra para controlar las fuentes.

El control de emisiones consiste en corregir la cantidad de emisiones contaminantes de los procesos, comúnmente llamadas *end of pipe technologies*, son las más adoptadas por las empresas y gobiernos,

Este dispositivo de control no ha sido perfecto, pierde eficacia con el uso y ha sido utilizado a conveniencia, por ejemplo, los países desarrollados han tomado las políticas sostenibles como una forma de manipular los mercados, primero presionando para que las políticas sean incorporados a tratados de comercio pero únicamente tomando en cuenta los problemas ambientales que ellos consideran prioritarios, y dejando a un lado los problemas ambientales de los países en desarrollo, como el caso del Tratado de Libre Comercio entre México-EUA-Canadá, en el que EUA, el cual no incluía cláusulas para defender el medio ambiente en México, sólo se refiere al calentamiento global o la biodiversidad de modo general, dejando los problemas de basura tóxica, efectos químicos y contaminación del agua como una situación sin importancia. (Commoner, 1992)

El control de emisiones también fue utilizado pensando en que el problema de contaminación era por país, y no a nivel mundial, así algunos países desarrollados invirtieron en países de 3er mundo para poner ahí sus fábricas contaminantes, ahorrando costos por mano de obra y seguros, y asumiendo que mudando la producción el problema de contaminación desaparecía en su país, esta acción no tuvo buenos resultados. (García-Johnson, 2000)

El control de fuentes intenta cambiar las tecnologías contaminantes por otras que no lo sean, esta política, que resultaría ser una gran solución porque ataca el problema de origen, es la más difícil de implementar, no solo por la resistencia de las industrias que ya están acostumbradas a trabajar con la tecnología que han utilizado durante la existencia de su empresa, sino porque implica una transformación en las bases técnicas, de infraestructura y cambios en el patrón energético. (Foladori, 2005)

A pesar de que el cambio es fuerte y costoso en un principio, una vez logrado el cambio utilizando los materiales de forma eficiente y reduciendo el desperdicio, se tiene un efecto de abaratamiento de costos y producción. (Von Weizsäcker, Amory, & Hunter, 1997)

La situación climática ha movido al mundo, ya no es un tema de moda, es una preocupación real. En este tenor desde 1982 se han firmado varios tratados internacionales en pro del desarrollo sostenible, preservar la fauna y flora, así como por el bienestar y la salud de las personas (Mobius, 2017)

- Carta Mundial de la Naturaleza<sup>9</sup>, firmado en 1982, su principal objetivo es la creación de planes a largo plazo que ayuden a impulsar el desarrollo económico, controlen el crecimiento de la población y mejoren la calidad de vida. (ONU, Carta Mundial de la Naturaleza, 1982)

- Convenio de Viena, realizado en 1985, buscaba adoptar medidas apropiadas para proteger la salud humana y el medio ambiente protegiendo la capa de ozono. (ONU, Convenio de Viena para la protección de la Capa de Ozono, 1985)

- Protocolo de Montreal, firmado en 1987, estableció un acuerdo para la eliminación paulatina del uso de sustancias químicas que provocan la destrucción de la capa de ozono que cubre la tierra. (ONU, Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias Agoradoras de la Capa de Ozono, 1987)

- Convenio de Basilea, realizado en 1989, fue realizado para controlar los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos, y brindar protección particular a los países en desarrollo, así como promover su adecuada disposición final. (ONU, Convenio de Basilea sobre el control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, 1989)

- Convenio de Ramsar, firmado en febrero de 1971, con el ánimo de proteger las zonas húmedas del planeta y las especies de aves acuáticas en vía de extinción. (ONU, Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de aves acuáticas, 1971)

- Convenio Marco de la Diversidad Biológica, acordado en 1992, estipula lograr la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios de la utilización de los recursos naturales. (ONU, Convenio sobre la Diversidad Biológica, 1992)

- La Cumbre de Rio de Janeiro, llevada a cabo en 1992, se declararon un conjunto de principios en los que se definían los derechos civiles y obligaciones de los Estados, para lograr el progreso y bienestar de la humanidad y la conservación y aplicación de un desarrollo sostenible en todos los tipos de bosques. (ONU, Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992)

- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), acuerdo firmado en 1992, cuyo objetivo fue reconocer la importancia de los efectos del cambio climático causados por la emisión GEI. (ONU, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 1992)
- Protocolo de Kioto, firmado en 1997, establecía como meta reducir en un 95% la emisión de GEI para el 2012, esta meta no pudo ser cumplida. (ONU, Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, 1998)
- Convenio de Aarhus, firmado en 1998, para la protección de los derechos de los ciudadanos a vivir en un medio que garantice su salud y bienestar, que propone también sensibilizar a las personas sobre los problemas ambientales, facilitar el acceso a la información ambiental y propiciar la participación pública en la toma de decisiones. (ONU, Convenio sobre el acceso a la información, la participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia en materia de Medio Ambiente, 1998)
- La Cumbre del Milenio, firmado en el año 2000, sus objetivos incluyen la protección del medio ambiente y los recursos naturales. (ONU, Declaración del Milenio, 2000)
- Protocolo Ambiental de Cartagena, firmado en el año 2000, buscó contribuir a establecer en el comercio internacional controles de seguridad para la transferencia, manipulación y utilización de organismo vivos modificados o transgénicos. (ONU, Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2000)
- Convenio de Estocolmo, firmado en 2001, buscaba controlar y eliminar un grupo de doce compuestos peligrosos conocidos como “La Docena Sucia”. (ONU, Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, 2001)
- Cumbre del Clima de París, realizada en 2015, su objetivo principal fue tomar medidas para que el calentamiento global no sobrepasara los 2°C en un plazo de 20 años, este es considerado el acuerdo más importante ya que fue firmado por todos los países reconocidos por la ONU. (ONU, Acuerdo de París, 2015)

La realidad es simple, el problema de la contaminación sucede ya que los procesos productivos dependen de la generación de energía a base de combustibles fósiles, estos combustibles determinan la crisis ambiental, el desarrollo de tecnología para la producción de energía limpia avanza cada vez más, aunque en el mundo, se adoptan medidas muy lentamente, tristemente en algunos casos, impulsados por catástrofes ambientales, lo que nos lleva a una pregunta: ¿será posible enfrentar en el mundo los desafíos en una nueva era de industrialización basada en energías limpias que permita continuar con el estilo de vida que hemos adoptado?

## 1.2 Matices y Tendencias Ambientales a Nivel Global

El problema de la contaminación avanza y se ha generado una alarma a nivel mundial, afortunadamente, ahora la comunicación entre países es mucho más rápida, por lo que, las noticias sobre consecuencias de la contaminación son rápidamente difundidas en redes y validadas por expertos.

Biólogos, Geólogos, Ingenieros en energías renovables, Ingenieros en tecnología ambiental, y otros profesionales se unen para combatir el impacto ambiental, desarrollando nuevas tecnologías y modelos de medición que permitan conocer el problema y poder atacarlo.

El concepto de desarrollo sostenible ha cobrado gran relevancia mundial e incluso se le relaciona ya al crecimiento económico y al progreso. (Cruz, Gallego, & González de Paula, 2009)

### 1.2.1 Efectos de la Contaminación en la Salud Humana

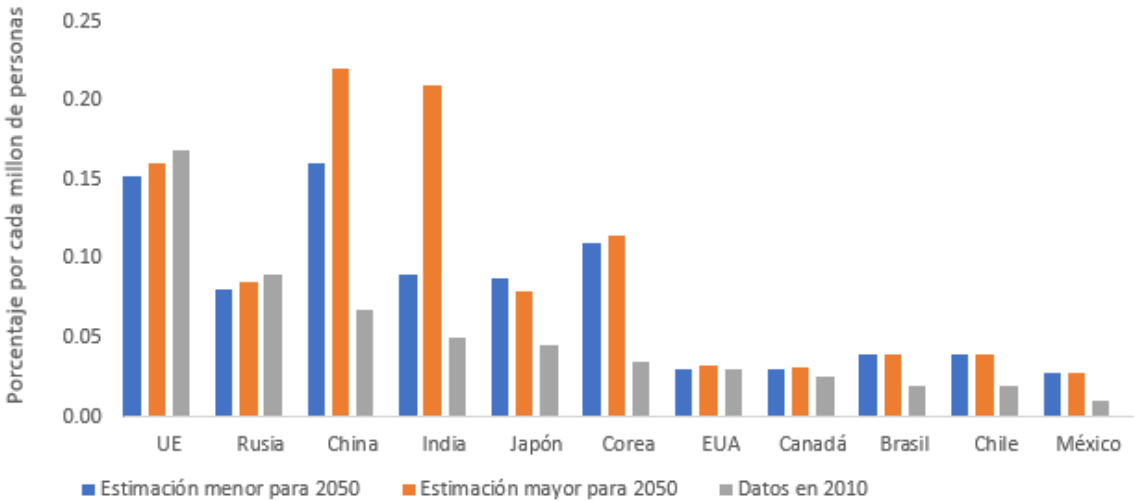
La contaminación procedente de las reacciones de los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno, estimuladas por la luz solar intensa y el incremento de la temperatura, representan el mayor peligro de partículas respirables en el aire. El ozono es considerado como el componente más tóxico de dicha mezcla, formada por la acción de la radiación ultravioleta del sol sobre el óxido de nitrógeno y en presencia de compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes, que provocan un número importante de efectos adversos, los más importantes relacionados con el sistema respiratorio, como disminución de la función pulmonar, agravamiento del asma, e hiperreactividad de vías aéreas. (Ballester, 2005)

Las emisiones a la atmósfera relacionadas con el cambio climático pueden agravar los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de los ciudadanos, no sólo indirectamente por el impacto en los fenómenos meteorológicos sino de manera inmediata por los efectos directos de los contaminantes sobre la salud.

En la Gráfica 1.1 se muestran las proyecciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD por sus siglas en inglés) de muertes prematuras causadas por la exposición a contaminación de partículas y ozono, para el año 2050 en 11 países del mundo por cada millón de personas, también muestra los datos observados en 2010, los países con mayores problemas de salud para el 2050. Según la gráfica, serán China, India, Japón, Corea y UE, países asiáticos cuyo aumento de población y congestión de sus ciudades, deriva en un mayor número de personas expuestas a emisiones de plantas de energía y gases de vehículos.

Los datos de la OECD indicaron que con la contaminación atmosférica en exteriores ocasionó más de 3 millones de muertes prematuras en 2010, y que la población más afectada fueron los niños y los ancianos.

Gráfica 1.1 Estimación de Muertes prematuras por Exposición a Contaminación por Partículas y Ozono



Fuente: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2013)

Según una nueva investigación de la Universidad de Harvard, en colaboración con la Universidad de Birmingham, la Universidad de Leicester y la University College London, titulado “Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel combustion: Results from GEOS-Chem”<sup>25</sup>, desarrollada por Vohra, Vodonos, Schwartz, Marais, Sulprizio y Mickley en 2021, 8 millones de personas murieron en 2018 a causa de la contaminación por combustibles fósiles. Se estima que la exposición al material particulado de las emisiones de combustibles fósiles representó el 18% de las muertes, un poco menos de 1 de cada 5

Las regiones con las mayores concentraciones de contaminación del aire relacionada con los combustibles fósil son el Este de América del Norte, Europa y el Sudeste Asiático, estas regiones tienen las tasas más altas de mortalidad; se encontró una tasa de mortalidad más alta para la exposición a largo plazo a las emisiones de combustibles fósiles, incluso a concentraciones más bajas (Vohra, y otros, 2021), muestra que la contaminación que genera la dependencia a los combustibles fósiles afecta la salud mundial gravemente, y que se puede evitar ya que se cuenta con alternativas viables y más limpias.

Anteriormente, las investigaciones para estimar las concentraciones de partículas en el aire (PM2.5) se realizaban con base en la observación satelital y de superficie, esto representaba un problema ya que, esta observación no diferencia las emisiones de combustibles fósiles, el polvo y el humo de incendios forestales.

Para superar este problema, en Vohra, *op cit*, se utiliza un modelo global 3-D llamado GEOS-Chem que utiliza alta resolución espacial para dividir el mundo en recuadros de 50 x 60 km, lo que permite observar los niveles de contaminación individualmente en cada recuadro. Este modelo se ha utilizado antes para este tipo de estudios y los resultados se han comparado satisfactoriamente con observaciones de superficie, aeronaves y desde el espacio.

Para modelar el PM2.5 se conectaron a las estimaciones de GEOS-Chem de las emisiones de múltiples sectores, incluyendo la energía, la industria, los barcos, el transporte aéreo y terrestre y la química oxidante-aerosol. Los investigadores utilizaron datos de emisiones y meteorología principalmente de 2012 porque fue el año de menos influencia en el mundo por el fenómeno de El Niño, este puede alterar la contaminación del aire según la región, también se utilizaron los datos que reflejaban el cambio de emisiones de combustibles fósiles en china que disminuyeron significativamente entre 2012 y 2018.

Con los índices de concentración de PM2.5 de combustible fósil al aire libre, los investigadores desarrollaron un nuevo modelo de evaluación de riesgos que vinculó los niveles de concentración con los resultados de salud.

Con estos nuevos resultados, los investigadores estimaron que la decisión de China de reducir sus emisiones de combustibles fósiles casi a la mitad salvó 2.4 millones de vidas en todo el mundo, incluidas 1.5 millones en China, en 2018. (Vohra, y otros, 2021)

### 1.2.2 Acciones en Contra del Cambio Climático

La preocupación mundial por el cambio climático ha propiciado varias reuniones entre los principales líderes mundiales y el surgimiento de organizaciones, para establecer objetivos alcanzables en todo el mundo que permitan disminuir el cambio climático y los desastres naturales causados por el mismo.

Así, surge El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) que fue creado en 1988 por la ONU para facilitar evaluaciones integrales del Estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta. (Rovina, 2018)

Desde el inicio de su labor en 1988, el IPCC ha publicado cinco informes de evaluación, propuestas, resultados y seguimiento, En su informe de 2014<sup>27</sup> se publicaba entre otras cosas, que:

- Siguen aumentando las emisiones de gases de efecto invernadero y los gobiernos del mundo no han hecho lo suficiente para reducirlos. Las emisiones crecieron más rápidamente entre 2000 y 2010 que en cada una de las tres décadas anteriores.
- Estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera requiere la reducción de las emisiones de la producción de energía y uso, transporte, edificios, industria, uso de la tierra y los asentamientos humanos. Los esfuerzos de mitigación en un sector determinan las necesidades en otros.
- La mitigación requiere grandes cambios tecnológicos e institucionales incluyendo el aumento de la capacidad de energías cero y bajo carbono.

- Es necesario acentuar una agresiva cooperación internacional para mitigar de forma eficaz las emisiones de gases de efecto invernadero y para abordar otras cuestiones relativas al cambio climático.
- Retrasar la mitigación aumentará la dificultad y restringe las opciones para limitar el calentamiento global a 2° C.
- La tierra es otro componente clave para la meta de 2° C. Frenar la deforestación y aumentar la plantación de bosques ha detenido o hasta revertido el aumento de las emisiones provenientes del uso de la tierra.
- La cooperación internacional en la investigación y el desarrollo en apoyo de la mitigación crea “externalidades de conocimiento”, es decir que los datos adquiridos en la búsqueda de un objetivo pueden beneficiar otras actividades.
- Los investigadores recomiendan que los gobiernos reconozcan que sus políticas sobre el cambio climático pueden influir en objetivos sociales relativos a la salud, la seguridad alimentaria, la biodiversidad, la calidad del medio ambiente, el acceso a la energía, los medios de subsistencia y el desarrollo equitativo y sostenible.
- Las emisiones seguirán aumentando, impulsadas por el aumento de la población y el crecimiento de las economías, según revelaron los investigadores. El mayor aumento de las emisiones de CO2 proviene de la quema de combustibles fósiles y los procesos industriales

El 25 de septiembre de 2015 más de 150 líderes mundiales asistieron a la Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible en Nueva York con el fin de aprobar la Agenda para el Desarrollo Sostenible. El documento final, titulado “Transformar Nuestro Mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, fue adoptado por los 193 Estados Miembros de las Naciones Unidas. Dicho documento incluye los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) cuyo objetivo es poner fin a la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia, y hacer frente al cambio climático sin que nadie quede atrás para el 2030. (ONU, Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2016)

Ese mismo año el 12 de diciembre en París se firma un tratado internacional sobre el cambio climático jurídicamente vinculante, adoptado por 196 países llamado “El 14 París” que entró en vigor el 4 de noviembre de 2016, su objetivo es limitar el calentamiento mundial a un nivel muy por debajo de los 2°C, preferiblemente a 1.5°C, para alcanzar este objetivo los países involucrados se proponen alcanzar el máximo de las emisiones de gases de efecto invernadero lo antes posible para lograr un planeta con clima neutro para mediados de siglo. (Climainfo, 2018)

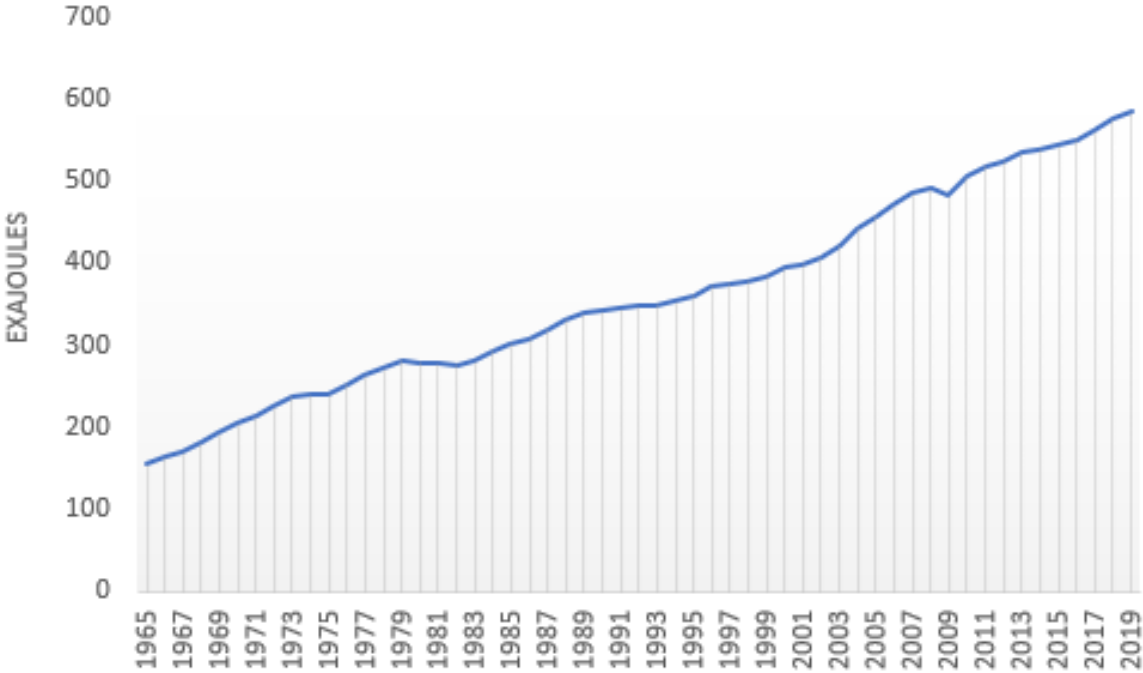
El Acuerdo de París es un hito en el proceso multilateral del cambio climático porque por primera vez, un acuerdo vinculante hace que todos los países se unan en una causa común para emprender esfuerzos ambiciosos para combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos. Dicho acuerdo, establece un marco tecnológico para proporcionar una orientación general acelerando el desarrollo y la transferencia de tecnología a través de sus subdivisiones de política y aplicación.

En esta reunión se le encargó a la IPCC un análisis especial de los impactos para la humanidad de un calentamiento global mayor a 1.5°C y cómo sería posible alcanzar la meta de no pasar de esta temperatura. Este informe fue entregado en el 2018 y en ese año se reportaba en el mismo que el calentamiento global era de aproximadamente 1.0°C, en los años preindustriales el calentamiento de la tierra variaba de 0.8°C a 1.2°C, el informe dice que, si no se toman medidas, es muy posible que el calentamiento llegue a 1.5 °C entre 2030 y 2052.

En el informe del IPCC también se señala que las principales consecuencias a nivel mundial por sobrepasar esta temperatura dependerán de las características de la región. Sin embargo, existe una alta posibilidad de episodios de calor extremo en la mayoría de las regiones habitadas, lluvias intensas o sequías, impactos en la biodiversidad y en los ecosistemas, entre ellos la pérdida y extinción de especies tanto terrestres como marítimas, lo que afectaría actividades como la pesca, agricultura y ganadería y tendrían impactos en la salud, medios de subsistencia, seguridad alimentaria, suministro de agua, seguridad y humana y crecimiento económico.

Como se muestra en la Gráfica 1.2, de acuerdo con los datos de la British Petroleum (BP) de 2020, el consumo de energía a nivel mundial crece y seguirá en aumento por las crecientes necesidades de los nuevos países que se han desarrollado en muy poco tiempo, como lo es China e India, en 2001 el mundo consumía 400 exajoules, se estima que para 2050 el mundo consumirá 827 exajoules, más del doble en tan sólo 50 años (Lewis & Nocera, 2006). Por lo que, es imperativo reducir la emisión de los principales gases de efecto invernadero que son: el vapor de agua H<sub>2</sub>O, el dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, el óxido nitroso N<sub>2</sub>O, el metano CH<sub>4</sub> y el ozono O<sub>3</sub>. (Benavides & León, 2007)

Gráfica 1.2. Consumo Mundial de Energía



Fuente: British Petroleum (BP, 2020)

La combinación de nivel y la tasa de calentamiento incitado por la quema de combustibles fósiles, proporciona una predicción de la cantidad de emisiones de dióxido de carbono que se pueden generar para mantener la temperatura del planeta en 1.5°C, si los impulsores del calentamiento se mantiene sin cambios, esta temperatura se mantendría aproximadamente hasta el año 2040, una disminución drástica de emisiones de CO<sub>2</sub>, otros gases de efecto invernadero, son necesarias para cumplir con los acuerdos de París. (Leach, y otros, 2018)

En el apartado E8 del resumen para responsabilidades de políticas entregado por la IPCC, dice que:

“Las emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas determinarán en gran medida el calentamiento medio global en superficie a finales del siglo XXI y posteriormente la mayoría de los aspectos del cambio climático perdurarán durante muchos siglos, incluso aunque pararan las emisiones de CO<sub>2</sub>, lo que supone una notable inexorabilidad del cambio climático durante varios siglos, debido a las emisiones de CO<sub>2</sub> pasadas, presentes y futuras”

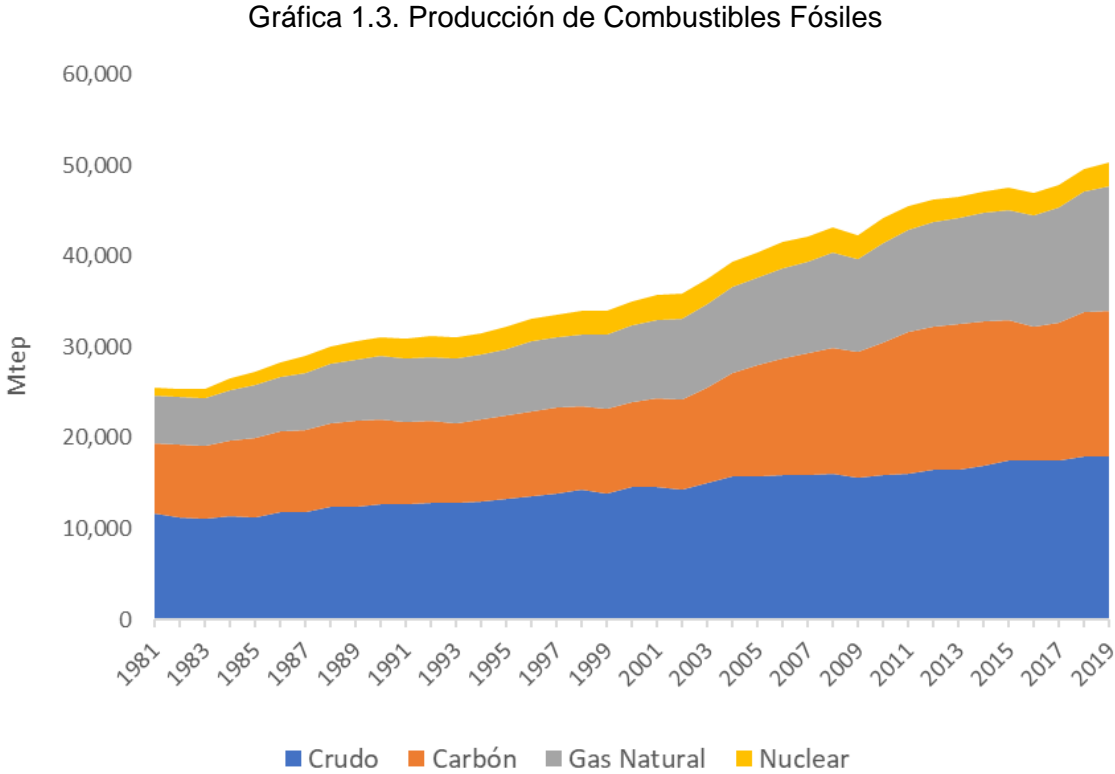
Con base en lo anterior, la IPCC estima que de no realizarse los cambios que disminuyan la cantidad de emisiones en los próximos años, el daño al planeta será de tal magnitud que ya no será posible revertirlo.

### 1.2.3 Consumo Energético y la Emisión de Gases Contaminantes

Como individuos podemos contribuir a disminuir la generación de gases efecto invernadero, pero esto no será suficiente si no se implementan cambios en la producción de la Energía, el mismo informe del IPCC señala que el sector energético, que podemos definir como el conjunto de actividades que extraen recursos como petróleo, gas natural y carbón, que generan electricidad, producen combustibles como gasolina y diésel, y transportan la energía hacia donde es usada, son los responsables por cerca del 35% de las emisiones a nivel mundial de efecto invernadero, siendo así, el sector con mayor emisión de estos gases. (Climainfo, 2018)

El actual consumo de energía a nivel mundial depende de materia prima finita y altamente contaminante, el consumo crece de manera tal que, los recursos con los que se genera no serán suficientes. Mantener el estilo de vida del mundo y el crecimiento a este ritmo, consumiría los petrolíferos agotándolos.

En la Gráfica 1.3, de acuerdo con los datos de la British Petroleum (BP) de 2020, se observa la producción de los principales combustibles fósiles en los últimos años, esta gráfica nos muestra que los recursos no son independientes, la producción de crudo, así como su escasez, afectará la cantidad de flujos diarios de carbón, así como la cantidad de los combustibles fósiles.



Fuente: British Petroleum (BP, 2020)

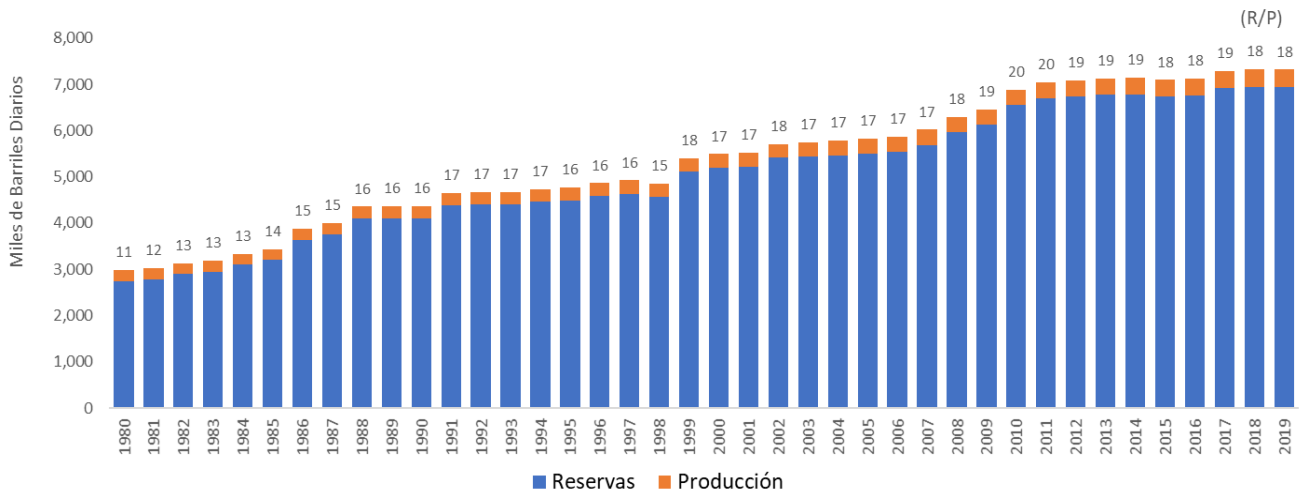
El agotamiento de los combustibles fósiles se representa por la duración de las reservas recuperables, se estima que el petróleo a nivel mundial durará 40 años más, y el carbón incluso 122 años, el agotamiento de los existentes y la disminución de la calidad del petróleo restante hacen que para continuar utilizando este recurso, sería necesario descubrir nuevos yacimientos equivalentes a los de Arabia Saudita cada dos años, es muy probable que el cénit del petróleo (techo máximo de extracción) se haya alcanzado en 2008. (Kerschner, Bermejo, & Arto, 2010)

En 2007, el 100% del transporte aéreo, marítimo y terrestre se basaba en combustibles fósiles, concretamente en derivados del petróleo, se depende de un combustible cuyo suministro no se controla (Gómez R. P., 2007). Actualmente, la principal fuente de energía es el petróleo, con un porcentaje mundial del 80%, de este el sector transporte gasta el 65%, lo que aporta un 24% de las emisiones de efecto invernadero a escala mundial (Solaymani, 2019). En nuestro país, el sector transporte consume el 99.81% de la demanda de derivados del petróleo (Johnson, 2021)

En la Gráfica 1.4 con datos de la British Petroleum (BP), se muestran las reservas probadas de petróleo contra la producción desde 1980 hasta 2019, en la parte superior de cada barra, se muestra la relación reservas-producción (R/P), si las reservas restantes al final de cualquier año se dividen por la producción en ese año, el resultado es la cantidad de tiempo que esas reservas restantes durarían si la producción continuara a ese ritmo, como se puede observar en 1980 el R/P era de 11 años, alcanzando su máximo hasta el momento en 2010 y 2011 de 20 años, a partir de ese momento el R/P ha disminuido debido a que las reservas no aumentan a la velocidad de la producción.

La Asociación para el estudio del cenit del petróleo y el gas (ASPO), ha determinado que la reducción de emisiones en el sector energético, será indispensable para alcanzar la meta de 1.5°C de temperatura en el planeta, se deberá utilizar más electricidad para sustituir los combustibles fósiles, y se deberá asegurar que la generación de esta electricidad provenga de fuentes de energía de bajo carbono, prácticamente, el carbón deberá ser abandonado alrededor del año 2040, el uso del petróleo deberá reducirse lo más posible y quizá para el 2100 eliminar el uso del gas natural. (Leach, y otros, 2018)

Gráfica 1.4. Reservas Petroleras y Producción



Fuente British Petroleum: (BP, 2020)

La meta sería alcanzable de manera más fácil si en el mundo tomaran medidas para sustituir el combustible fósil, por fuentes de energía limpia, a pesar de que esto no ocurre de manera contundente en todos los países por representar cambios económicos muy fuertes, aun así, desde 2010 se han cancelado 1,705 proyectos de construcción de termoeléctricas de carbón en todo el mundo. (GEM, 2021)

Según el Finantial Times, el primer país en comprometerse con un abandono gradual de carbón fue Reino Unido en 2015, desde ese momento, la electricidad generada en Reino Unido por la combustión del carbón se redujo rápidamente, y abasteció menos del 7% de la demanda de 2017.

### 1.3 Adopción de Energías Limpias como una Solución al Problema Ambiental Global

La inversión en energías limpias a nivel mundial, debe ir de la mano con la eficiencia y el ahorro, las soluciones cambiarán radicalmente la manera de producción almacenamiento, transporte y uso de la energía, esta transición de combustibles fósiles a energía limpia de una u otra manera a todos los que dependen de las antiguas formas, es por esto que el cambio debe ser acompañado por políticas orientadas a los nuevos objetivos, se debe invertir en nuevas capacidades profesionales y ofrecer así nuevas oportunidades económicas y profesionales. (AEMA, 2017)

La humanidad enfrenta uno de los retos más importantes de su existencia, el hombre ha evolucionado y ha logrado un estilo de vida que le permite no preocuparse por sus necesidades básicas y vitales, y dedicar su tiempo al desarrollo música, arte, cultura, tecnología, entretenimiento, etc., ahora la humanidad debe desarrollar formas de generar energía para continuar creando, pero no acosta del propio aire y el clima.

El desarrollo de nueva tecnología que permita la transición a energías limpias, de forma que la economía siga desarrollándose, no será perfecta, ya que, a lo largo de su historia, se ha demostrado que todo cambia, todo evoluciona y todo tiende a mejorar. Así, el reto, es inventar nuevas tecnologías, que serán probadas, modificadas y rechazadas, y vendrán otras hasta que, por fin, la ciencia y la humildad logren el cambio que tanto se necesita. El mundo se encuentra en dicha transición y la única forma de mejorar es implementando e invirtiendo en nuevas tecnologías, tomando el riesgo.

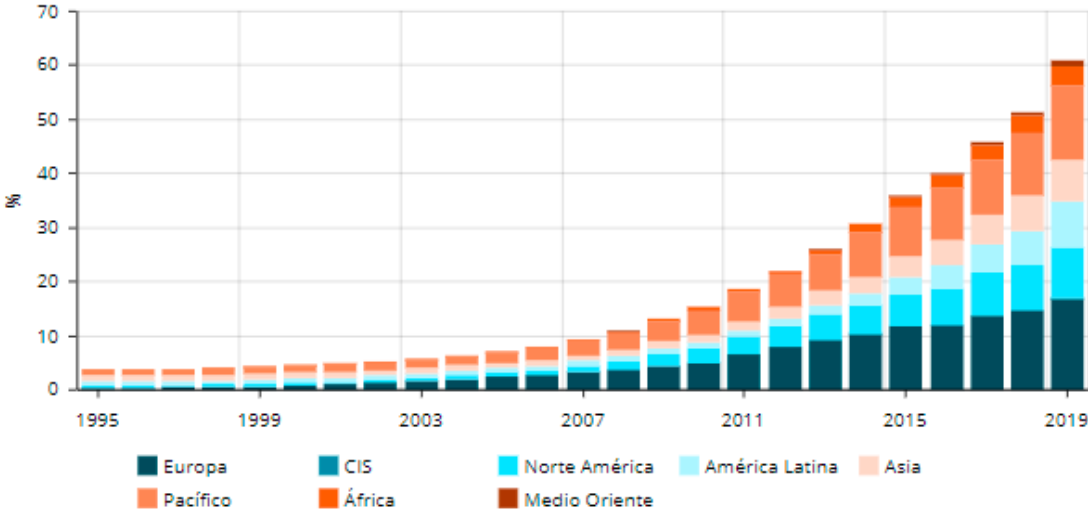
Adoptar medidas que ayuden al planeta depende de cada país, y en el mundo hay muchas maneras de pensar y de tomar acciones, lo que para un país puede resultar beneficioso e innovador, para otro pudiera ser una acción grave e imperdonable, sin embargo, un problema que atenta contra la vida, y la humanidad en conjunto debería ser vista como un enemigo a vencer para todos, aun así, hoy en día nos vemos divididos y estar barreras, impiden el avance de este cambio que el planeta tanto necesita.

En general, el potencial de las nuevas formas de generación de energía es enorme, en relación con el crecimiento económico, lo que sigue sería facilitar su adopción, aquí es donde tanto los gobiernos, los empresarios, los consumidores, contratistas, bancos y otros agentes activos de la economía deberán desempeñar un papel muy importante en la adopción de la nueva tecnología a gran escala. (AEMA, 2017)

Estas medidas no sólo ayudarán a recobrar el balance del clima y la temperatura del planeta, también afectan directamente a la salud de la población de esta y de las nuevas generaciones, vivir en ciudades limpias de gases tóxicos, evitaría los problemas respiratorios y cardiovasculares que sufren actualmente las poblaciones de las grandes ciudades, ¿a quién no le gustaría ver las estrellas todos los días como hacen las personas que viven lejos de la ciudad, y utilizando los servicios y comodidades que ofrecen estas grandes ciudades?

En la Gráfica 1.5 se observa que la capacidad mundial de generación de energía renovable ha aumentado en más del 100% en los últimos años, instalada principalmente en África y Europa.

Gráfica 1.5. Capacidad Mundial de Energía Renovable



Fuente: Energía y Clima Mundial EnerData (ENERDATA, 2020)

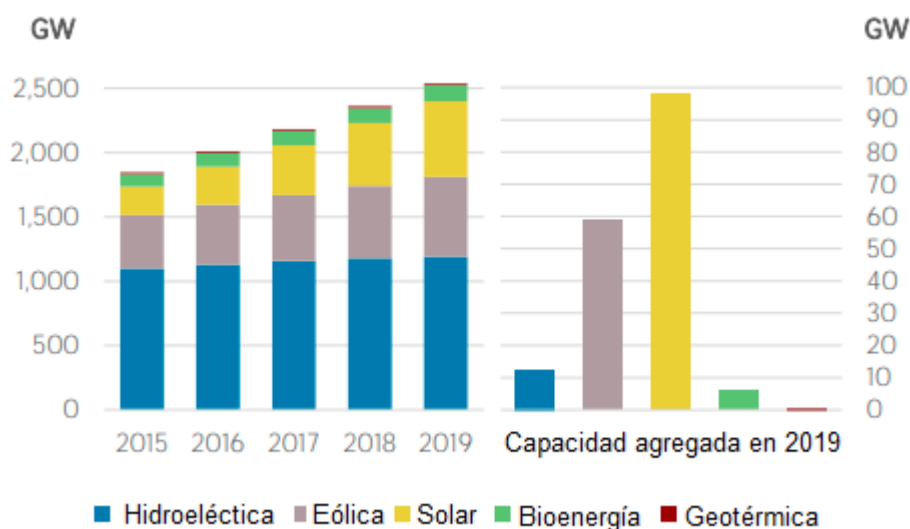
Con todas las pruebas científicas, y con la capacidad de distribuir información en nuestros días, y con acuerdos mundiales como el de París, las grandes potencias son la que liderean el uso y la producción de energías renovables (Villar, 2019), los 5 principales son:

1. China, energía solar y eólica.
2. Estados Unidos, energía solar y eólica.
3. Brasil, energía hidroeléctrica.
4. Alemania, energía solar y eólica.
5. India, energía solar

El nivel de producción de estos países hace que sus economías sean muy desarrolladas, pero también que sus habitantes sean de los más afectados por la contaminación, por lo que, en estos países, se observan las mayores inversiones en energías renovables.

En la Gráfica 1.6 se observa el crecimiento de la capacidad mundial por tecnología de los últimos 5 años, y aunque la generación Hidroeléctrica sigue siendo la más utilizada, la energía Solar en 2019 es la que incrementó en un mayor número su capacidad de generación.

Gráfica 1.6. Crecimiento de la Capacidad Mundial de Energía Renovable

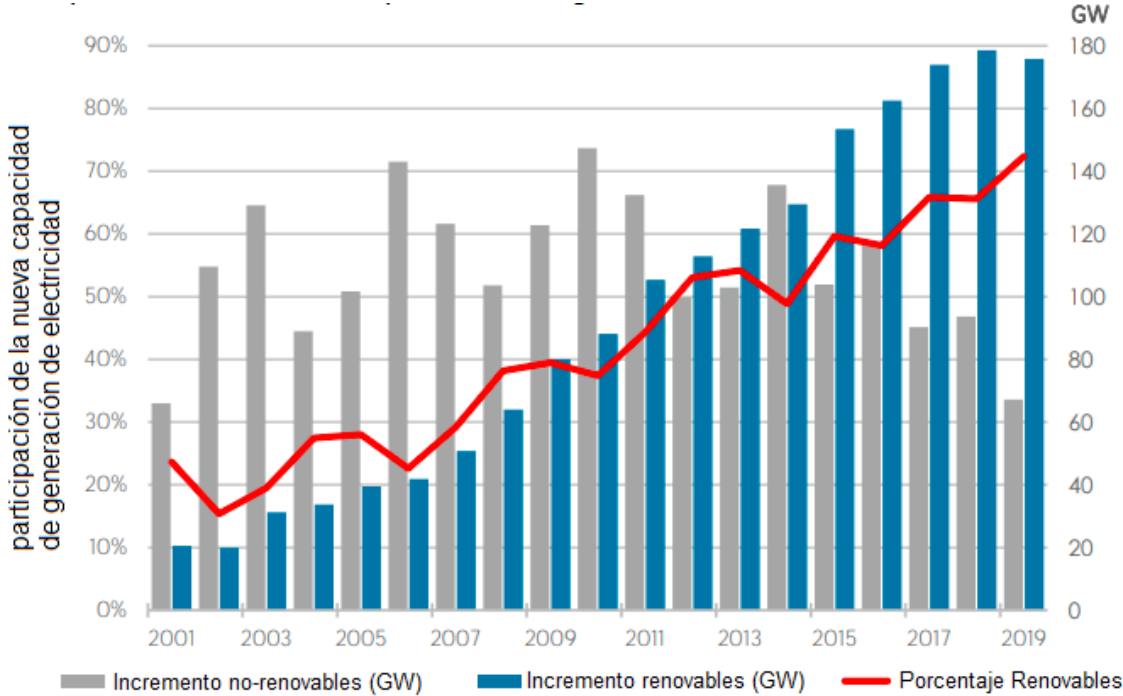


Fuente: Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, Estadísticas de Capacidad Renovable, 2020)

En la Gráfica 1.7 se compara la capacidad de energía Renovable con la no Renovable, a partir de 201, se observa una tendencia a la baja en la capacidad no renovable.

La capacidad de energía renovable aumentará aproximadamente un 50% del 2019 al 2024, con la contribución principal de la energía solar fotovoltaica, este aumento representa 1,200 GW que equivale a la capacidad total instalada en 2019 en EUA, La energía eólica contribuirá con el 4% del aumento y podría triplicarse para el 2021, el crecimiento de la energía hidroeléctrica se desacelera, aunque representa el 10% de capacidad de las renovables. (AIE, Renewables 2019 - Market analysis and forecast from 2019 to 2024, 2019)

Gráfica 1.7 Comparación de Capacidad de Energía Renovable y no Renovable



Fuente: Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, Estadísticas de Capacidad Renovable, 2020)

## 1.4 Energía Solar como una Fuente Alternativa

La energía solar es la madre de todas las energías renovables, se mueve con los ciclos de la tierra, y aunque se multiplicara el consumo actual mil veces, la energía solar no se agotaría. De la energía solar provienen otras energías como la hidráulica, la eólica, la biomasa e incluso los combustibles fósiles son energía solar acumulada.

Si bien el desarrollo de la tecnología actual ha sido posible gracias a los combustibles fósiles, se requiere una tecnología mucho más avanzada para las energías renovables, la oferta energética del sol es variable dependiendo la zona geográfica y aún hay que aprender a almacenarla, invertir masivamente en energías renovables representa una inversión en la paz y en un futuro sostenible (Aranda & Zabalza, 2009)

Afortunadamente, el desarrollo de tecnología que permita generar energía utilizando fuentes limpias, ha dado resultados inesperados, el más sorprendente es la tecnología que utiliza la energía solar. Esta tecnología hace un año era impensable, y ahora cada año aumenta su capacidad de generación y disminuye sus costos

En la Tabla 1.8 se muestra el potencial teórico y práctico de las diferentes energías renovables, el potencial práctico actual de la energía Solar es de 600 TW; sin embargo, su potencial podría llegar a generar 120,000 TW si se le explotara óptimamente.

Tabla 1.8 Potenciales Teóricos Prácticos de los Distintos Tipos de Energías Renovables

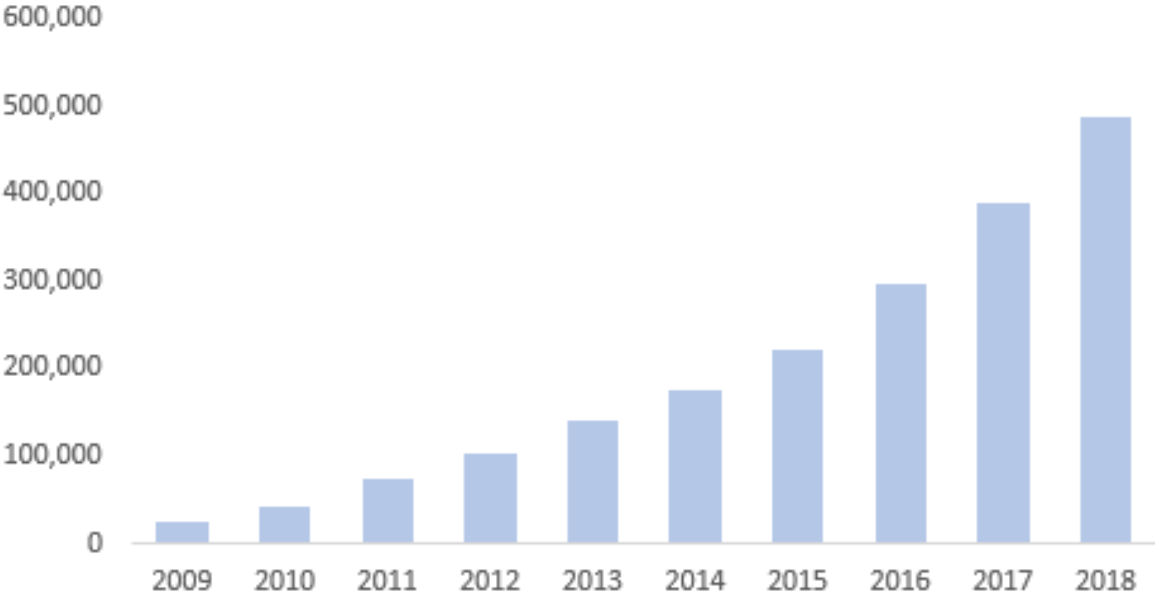
<b>Tipo de Energía</b>	<b>Potencial Teórico (TW)</b>	<b>Potencial Práctico (TW)</b>
Hidroeléctrica	4.6	1.5
Geotérmica	12-30	
Eólica	50	2
Biomasa	7-12	5-7
Solar	120,000	600

Fuente: Elaborada con información de Lewis y Nocera (Lewis & Nocera, 2006)

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) en su reporte Global Energy Review 2021 (AIE, Global Energy Review, 2021), prevé que la generación de electricidad renovable en 2021 se incrementará al menos un 8% llegando a los 8300 TWh aproximadamente, esto representa el crecimiento anual más rápido registrado desde 1970, el reporte prevé que la energía solar fotovoltaica y la eólica contribuyan con dos tercios de este crecimiento y que China contribuirá con casi la mitad del aumento mundial de electricidad renovable en 2021, seguida de Estados Unidos, la Unión Europea e India.

En Gráfica 1.9 se muestra el incremento de la Capacidad de energía solar en el mundo, en el 2009 la capacidad era de aproximadamente de 40,000 Mega Watts y en menos de una década aumentó alrededor de 12.5 veces, llegando casi a 500,000 MW en 2018.

Gráfica 1.9 Capacidad Energía Solar Mundial (MW)



Fuente: Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, Estadísticas de Capacidad Renovable, 2019)

La energía solar es suficientemente eficiente como para marcar una diferencia, su característica principal es que se crea de fuentes renovables, cualquier cantidad de energía que pueda producirse no solo beneficia a los seres humanos si no también al medio ambiente. Para maximizar su eficiencia, los investigadores han mejorado la eficacia de los paneles solares, estas mejoras se han hecho sobre todo implementando nuevas técnicas de fabricación y utilizando materiales de mejor calidad (CEE, 2014)

La eficiencia del panel solar se mide por la cantidad de energía solar que cae sobre la superficie de un panel, para luego convertirse en electricidad, está determinada por la eficiencia de la celda basada en su diseño y el tipo de silicio y configuración de la celda. Con los avances tecnológicos logrados al 2020 de la tecnología solar, la eficiencia de los paneles ha aumentado del 15% a casi el 20%, por lo que la potencia de salida ha aumentado de 240-260W a 300-330W (Serrano, 2020) .

La energía solar tiene precios cada vez más accesibles, un estudio de la entidad analista BloombergNEF del 2019, arroja cifras reveladores al cuantificar este abaratamiento, según este estudio, el costo de la energía solar ha reducido su costo un 85% en la última década, lo que las hace más asequibles que las centrales de carbón y gas, estos precios se logran con la consolidación de la cadena de suministros y producción, así como su constante mejora gracias a las investigaciones del sector privado y académico, el crecimiento de la demanda de paneles solares disminuye el costo de los mismos (Bejerano, 2019)

En 2017 Morgan Stanley realizó una estimación de precios basada en la reducción de precios de ese año en fuentes alternativas, con esta tendencia estimaba que en 2020 las energías renovables serán la forma más barata de energía.

Las acciones emitidas por las bolsas de valores en el mundo, se mantuvieron como series de bajo rendimiento en los últimos 10 años, sin embargo en el 2020, esta tendencia se invirtió debido a que los inversionistas han apostado por las energías limpias, como la eólica, solar, baterías y vehículos eléctricos; este incremento de en el costo de las acciones se debió principalmente al incremento de la rentabilidad costo-eficiencia en comparación con las alternativas de combustibles fósiles (BloombergNEF, 2021).

### 1.4.1 Usos más Comunes de la Energía Solar

La energía solar, no sólo es utilizada para la generación de electricidad, muchas compañías provechan su energía para el movimiento o calentamiento.

#### *Transporte*

Desde hace unos años algunos fabricantes del sector de la automoción han trabajado en la incorporación y fabricación de modelos de autos impulsados con energía solar de una forma tan eficaz que la tecnología se ha ampliado a otros transportes como autobuses, trenes o incluso carreteras accionadas con luz solar.

Lightyear One solar, la empresa Holandesa presentó su auto solar, con una longitud de unos cinco metros, monta paneles solares a lo largo del techo y el cofre, en total son 5 metros cuadrados de células solares integradas en un vidrio de seguridad muy resistente, el auto puede recorrer al menos 400 kilómetros en invierno, y de 500 a 800km en verano, además, incorpora una batería que se puede recargar en una toma de corriente doméstica, la entrega de las primeras unidades iniciará en 2022 (Herraéz, 2021).

Toyota Prius PHEV solar, la corporación multinacional japonesa, inició las pruebas de su prototipo de auto solar en 2019, el vehículo está montado con una combinación de paneles solares ultra eficientes, en el techo, en el cofre e incluso en el área del cristal y la puerta de la cajuela, los paneles son una película de tan sólo 0.3 milímetros de espesor, según Toyota, los paneles de este modelo de Prius permitirían desplazarse 44.5 km al día con la carga en modo estático, esta distancia se incrementaría a 56.3 km al añadir la conversión en movimiento (Martí, 2019).

Sono Sion, presentado por la compañía tecnológica Sono Motors, cuenta con 248 células fotovoltaicas que cubren su carrocería y que permiten obtener una autonomía extra de 35 kilómetros, complementado por un motor eléctrico de 120 kW, unido a una batería de iones de litio de 35 kWh, el vehículo puede alcanzar una autonomía de 255 kilómetros, la empresa inició la producción de estos vehículos a finales del 2019 y fue presentado oficialmente en las vegas en 2021 (Lifona, 2021).

Hyundai y Kia, el Grupo Hyundai, ha creado un nuevo sistema de carga solar que aumenta la autonomía de sus modelos híbridos y eléctricos y también la eficiencia de sus modelos de combustión. Su utilización se basa en la instalación de los paneles solares en el techo y el cofre de los vehículos. Su producción estaba prevista para el año 2020 (Hernández, 2018).

#### *Electricidad*

Gracias a un panel fotovoltaico se puede aprovechar la energía del sol para generar electricidad, con la que se puede alimentar el consumo de energía eléctrica en un hogar completo, tiendas, hoteles e incluso empresas. (Solar, 2019)

#### *Calor*

El calor del sol se utiliza para templar la temperatura en piscinas climatizadas. Se aprovecha convirtiéndola en energía térmica tanto para la producción de aire caliente en invierno, como aire acondicionado en verano.

Los paneles solares instalados en viviendas también se utilizan para calentar el agua, sobre todo en zonas cálidas (Sarmiento, 2007).

#### *Riego de plantaciones*

Los sistemas de riego en los campos están programados para ahorrar agua y se complementan en el ahorro ecológico utilizando bombas solares (Senmache, 2018).

#### *Iluminación*

La iluminación solar utiliza luces inalámbricas que aprovechan la energía del sol durante el día y la almacenan para producir luz durante la noche, se instalan principalmente en jardines, carreteras y caminos (Sarmiento, 2007).

## Conclusión Capitular

La afectación de la contaminación a nivel mundial ha rebasado ya los límites del planeta, el medio ambiente no es capaz por sí sólo de eliminar el daño, y esto afecta a todo ser viviente. Los seres humanos deben hacerse responsables y tomar las medidas necesarias para revertir este efecto, buscando un balance entre economía, desarrollo y modo de vida para esta y las futuras generaciones.

El problema de contaminación no es aislado, afecta a todos los países por igual, sean o no los que generan la contaminación, por lo que, las medidas para reducirla deben ser tomadas por todos, de forma paulatina pero constante, para que se pueda producir una mejoría dentro de algunas décadas.

En los últimos años, la humanidad no sólo se ha preocupado, establecido límites y posibilidades, sino que se ha ocupado del problema ambiental, desarrollando nuevas tecnologías para obtener energía de fuentes distintas a los combustibles fósiles, tecnologías que ya se están implementando y que cada vez mejora su eficiencia energética.

Así, una vez contextualizado el problema ambiental, la importancia de las energías limpias y su evolución a nivel global como solución, en el siguiente capítulo se define qué son las energías limpias y qué tipos de energías limpias se han desarrollado, haciendo hincapié en la energía solar.

## Capítulo 2. Definición, Operación, Ventajas y Limitaciones de las Energías Limpias

A raíz del problema del cambio climático, los científicos se han enfocado en el desarrollo de tecnología que permita la generación de energía que utilicen como insumos ya no a combustibles fósiles, si no otro tipo de recursos naturales.

En este capítulo se definirá lo que es la energía limpia, los tipos de energías que se han desarrollado hasta el momento, sus ventajas, desventajas y usos, también se mostrarán los tipos de energía solar y sus diferentes usos, se muestra una comparación entre las energías limpias y se evaluará si México cuenta con las condiciones necesarias para desarrollar la energía solar.

### 2.1 Definición de Energía Limpia

Los recursos naturales catalogan como renovables y no renovables, un recurso renovable se define como aquel que se puede restaurar naturalmente a una velocidad igual o superior a la de su consumo, un recurso no renovable se define como aquel que no puede ser producido, cultivado, regenerado o reutilizado a una escala tal que pueda sostener su tasa de consumo (Romero, 1994).

Cuando hablamos de energía sostenible, se está incluyendo el tema social, la producción y utilización de la energía deben ser compatibles con la sociedad y sus necesidades ambientales, así como organizarse de tal forma que garantice el consumo de futuras generaciones (Priddle, 1999).

La energía limpia se puede vincular con la energía sostenible, que no sólo involucra factores tecnológicos, ecológicos y sociales, sino también un respaldo económico (Naredo, 1995).

Se define una fuente energía limpia, como aquella cuya explotación, extracción, distribución y consumo, produce cantidades mínimas de contaminantes, en comparación de otras fuentes, el término de energía limpia se puede o no aplicar a algunos tipos de fuentes renovables, por el hecho de que este tipo de energías, aunque se reconstituyen, no implican que sus procesos no contaminen.

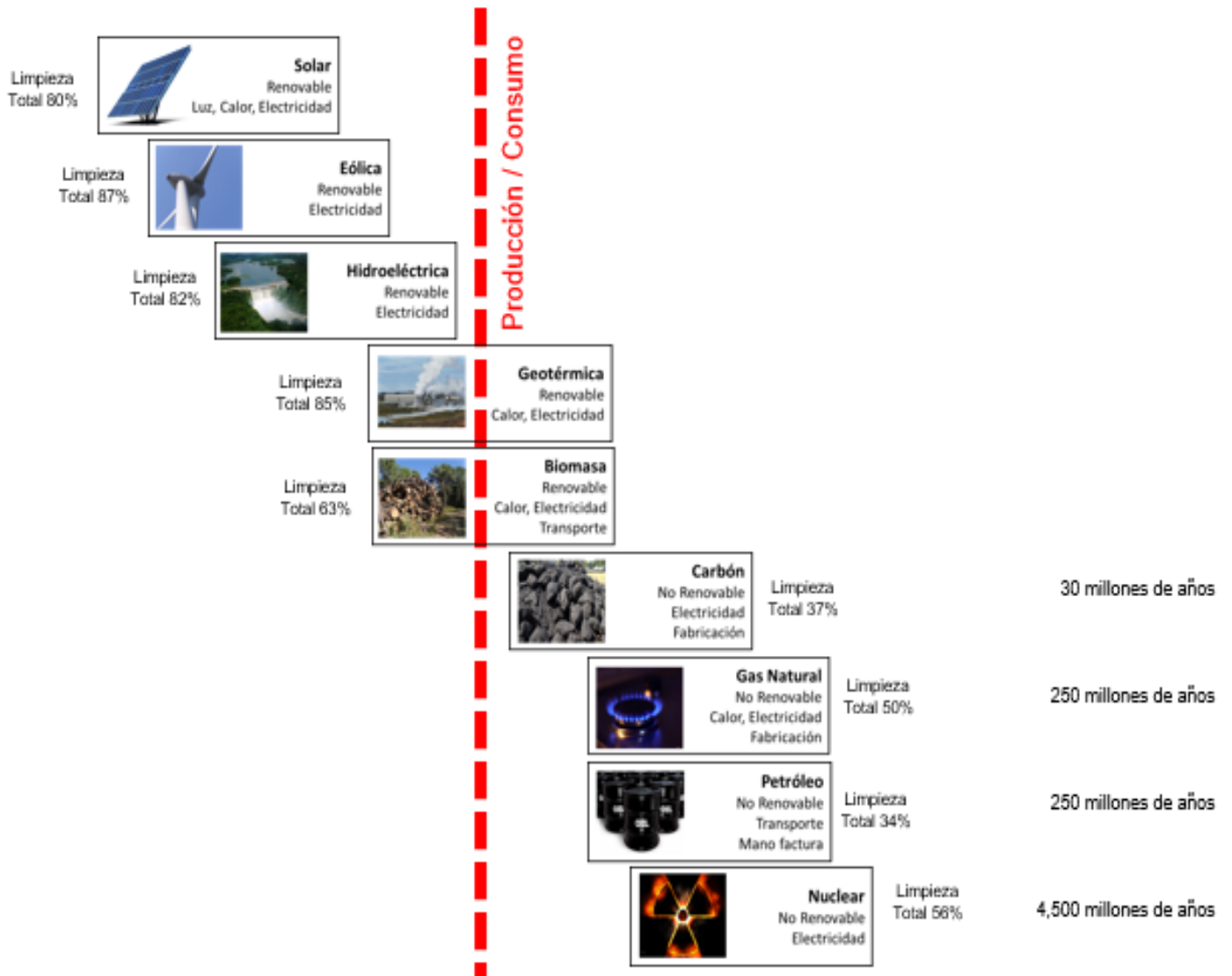
La energía limpia significa también cero emisiones, y cero riesgos para el medio ambiente, es por esto por lo que no existe una fuente de energía que sea 100% limpia (Tron, 2008).

La energía limpia se destaca por su naturaleza, es inagotable, algunas fuentes renovables y de utilización libre, resultan atractivas para los sistemas eléctricos, principalmente en los países que cuentan con condiciones naturales ideales para su implementación: sol, ríos, viento. (Ancu, Bossa, & Vives, 2018)

En la Figura 2.1 se identifica la naturaleza de las fuentes primarias de energía, así como su nivel total de limpieza, la energía geotérmica y la biomasa. Aunque se consideran renovables, en ocasiones, la explotación del recurso por la deforestación o el bombeo en exceso suele ser superior al abastecimiento natural. A diferencia de algunos tipos de recursos, se observa que, la energía solar es la fuente inagotable por excelencia y la energía nuclear es el recurso más difícil de reabastecer ya que se genera a partir del Uranio (Tron, 2008).

Las energías limpias, en general, tienen desventajas la cantidad de energía que producen no es proporcional respecto a la cantidad de terreno que ocupan sus instalaciones, y su producción no es constante ni predecible, tampoco su cantidad depende directamente de la región, el clima, los accidentes geográficos y de las masas de agua (Nabalía, 2018)

Figura 2.1 Energías Primarias



Fuente: Elaborada con información de Tron Piñeiro (Tron, 2008)

## 2.2 Tipos de Energías Limpias

Durante los últimos 10 años, las energías limpias, se convirtieron en una elección para contribuir en la generación de energía eléctrica. Inicialmente, se pensó que la energía limpia podría complementar las fuentes existentes sin producir cambios significativos, sin embargo, al observarse los beneficios que obtienen en términos económicos, su demanda aumentó sustancialmente, a pesar de los desafíos de conectar estas energías con los sistemas permanentes. (Nuñez, y otros, 2018)

Las principales energías limpias son: Solar, Bioenergía, Eólica, Geotérmica, Oceánica, Hidrógeno, Hidroeléctrica y Nucleoeléctrica. (Llamas, 2014)

**Energía Solar:** Aprovecha la energía del sol, se puede utilizar directamente sin ningún aparato de por medio para climatizar inmuebles, utilizarla para generar electricidad a través del efecto fotovoltaico, este se consigue a partir de un material que sea capaz de absorber la luz solar y transformarlo en electricidad, o concentrado su energía para calentar agua a altas temperaturas. (Puig & Jofra, 2008)

**Ventajas:** Renovable, inagotable, no contaminante, mantenimiento sencillo, rápida recuperación de la inversión. **Desventajas:** dependencia del clima, horario solar.

**Bioenergía:** Obtiene energía a partir de los biocombustibles de origen fósil, estos todos aquellos combustibles producidos a partir de biomasa sólida que se obtiene a partir de residuos vegetales y de las fracciones biodegradables de los residuos urbanos o industriales; a partir de biomasa líquida que proviene de los bioalcoholes, y el biodiesel; y a partir de biomasa gaseosa, que proviene del biogás y del hidrógeno. Los biocombustibles constituyen un ciclo cerrado de carbono, esto quiere decir que al utilizarlos se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> porque una parte de él es absorbida durante el crecimiento del material orgánico que se utilizó para producirlos. (Paneque, y otros, 2011)

**Ventajas:** Aprovechamiento de residuos, combustible renovable, baja emisión de gases tóxicos. **Desventajas:** Costo elevado, se requiere mucha materia para obtener energía.

Energía Eólica: La energía que transforma la energía cinética del viento en energía mecánica, por lo que su potencia depende del área de la superficie captadora y de la velocidad del viento. No es posible obtener del viento toda su energía, ya que no puede ser despojado de toda su energía cinética, su fuera así, el viento se detendría, pero es posible dirigirlo a través de un dispositivo captador que tome una parte de su energía y libere el viento con una velocidad reducida. (E.Eólica, 2014)

Ventajas: renovable, inagotable, no contaminante, instalación y mantenimiento de bajo costo. Desventajas: Condiciones climáticas, modificación de espacios, impacto acústico, impacto negativo en las aves rapaces.

Energía Geotérmica: Esta energía se obtiene aprovechando el calor del subsuelo para obtener agua caliente de forma natural, durante la explotación de un sistema geotérmico, se genera energía con el ingreso y egreso del agua termal al mismo, en el caso de las rocas secas y calientes la energía se produce, solamente, por la conducción térmica. (Stefansson, 2000)

Ventajas: Produce mínimos residuos y gases tóxicos, bajo costo y riesgos. Desventajas: impacto al entorno natural, no está disponible en todo el planeta, puede producir microsismos.

Energía Oceánica: La energía proveniente del mar utiliza la influencia de la radiación solar y los campos gravitatorios, su potencial es muy alto y entre las principales fuentes de energía oceánica se encuentran: Corrientes marinas, mareomotriz, Térmica oceánica, vientos oceánicos, biomasa marina y ola motriz. (Pousa, Dragani, Mazio, & Lanfredi, 1995)

Ventajas: Es predecible, renovable, no contaminante, no se requieren grandes instalaciones. Desventajas: afectan a la flora y fauna marina, impacto acústico y visual, inversión inicial elevada.

Energía Hidrógeno: El hidrógeno es un combustible abundante, y eficiente, no produce emisiones al utilizarlo, no es tóxico y se puede producir a partir de recursos renovables, y no es un gas de efecto invernadero. (Giménez, 2019)

Ventajas: Se puede utilizar de forma directa, no es tóxico, abundante, no contaminante, seguro, no tiene afectaciones acústicas . Desventajas: muy alto costo de obtención.

Energía Hidroeléctrica: Se produce utilizando el paso de los ríos a través de represas, el agua se acumula para luego caer desde una determinada altura sobre una turbina hidráulica, esta fuerza la hace girar y con ello se produce la electricidad. (Sanz, 2008)

Ventajas: Almacenamiento de agua que permite la regulación de los caudales, casi inagotable debido al ciclo del agua, no produce gases tóxicos. Desventajas: Clima, impacto físico y directo del medio ambiente.

Energía Nucleoeléctrica: Produce electricidad mediante la liberación controlada de energía nuclear para producir calor. (Jawerth, 2020)

Ventajas: Baja emisión de gases tóxicos, eficiente, panificable, bajos costos de funcionamiento. Desventajas: Accidentes de graves consecuencias, residuos nucleares, instalaciones no perpetuables.

### 2.3 Generación de Energía por Medio de Paneles Solares

Aunque el sol ha proporcionado energía durante al menos 6,000 millones de años, aún su núcleo contiene el suficiente hidrógeno para continuar emitiendo calor, al menos, por otros 8,000 millones de años, por lo que, se considera como una fuente inagotable de energía. (Solar, 2019)

El sol arroja cada año 4,000 veces más energía que el consumo mundial, sin embargo, no toda esta energía es recuperable, y no todos los puntos del planeta reciben la misma intensidad de energía solar, esta depende de la hora y de la latitud.

En la Tabla 2.2 se observan las ventajas y desventajas principales de utilizar energía solar, las principales ventajas es que es una Energía no contaminante y su fuente es inagotable, como principales desventajas se observa que esta energía no es almacenable y que se requiere de una gran inversión inicial, sin embargo, los desarrollos tecnológicos se enfocan en erradicar estas desventajas, y convertir la energía solar en la más barata y disponible.

Tabla 2.2 Ventajas y Desventajas de la Energía Solar

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Energía no contaminante	Requiere gran inversión inicial
Su insumo es una fuente de energía inagotable	La cantidad de energía que se recolecta es directamente proporcional a la extensión de terreno que se utilice
Es un sistema de energía ideal para utilizarse dónde el tendido eléctrico no tiene fácil acceso	El nivel de radiación varía dependiendo de la zona geográfica, estación del año del clima y de las estaciones
Los sistemas de captación solar son de fácil y accesible mantenimiento	Esta fuente de energía se debe completar con otra, para mantenerse constante
El costo disminuye a medida que avanza la tecnología	Aun no se desarrolla un sistema eficiente de almacenamiento para energía solar

Fuente: Elaborada con información de Flores y Barragán (Flores, Fung, & Barragán, 2014)

Guillermo Ojeda (Ojeda, 2021), divide a la tecnología solar en 3 tipos diferentes:

1. Energía solar térmica, se utilizan para generar agua caliente sanitaria y calefacción, el vapor de agua se utiliza para generar electricidad. Los principales aparatos que se utilizan son los calentadores de agua y las estufas solares.
2. Energía solar fotovoltaica, la radiación solar, tiene partículas llamada fotones, los cuales son convertidos directamente en energía eléctrica. Uno de sus principales usos son las lámparas solares utilizadas en los alumbrados públicos.
3. Energía solar pasiva, es el tipo de tecnología más antiguo para aprovechar el calor del sol y consiste en diseñar los inmuebles de manera que se aproveche al máximo la retención del calor.

### 2.3.1 Energía Solar Térmica

La energía solar térmica consiste en captar y concentrar la radiación solar para transformarla en calor y aprovecharlo en distintas formas. Esto se logra utilizando captadores o colectores solares. (Lopez, 2006)

El aprovechamiento de la energía solar data de 1837, el primer colector solar fue utilizado en el calentador de agua creado por Edwin Rudd en 1889, pero fue en 1891 cuando Clance Kemp patenta el primer calentador de agua con fines comerciales, que utiliza energía solar, un gran avance se logró en 1936 cuando Charles Greeley desarrolló un calentador solar de alta eficiencia. En 1998 William J. Baley patentó un calentador solar, que funcionaba mediante la circulación de agua. (González, Hernández, Nuñez, & Rúa, 2020)

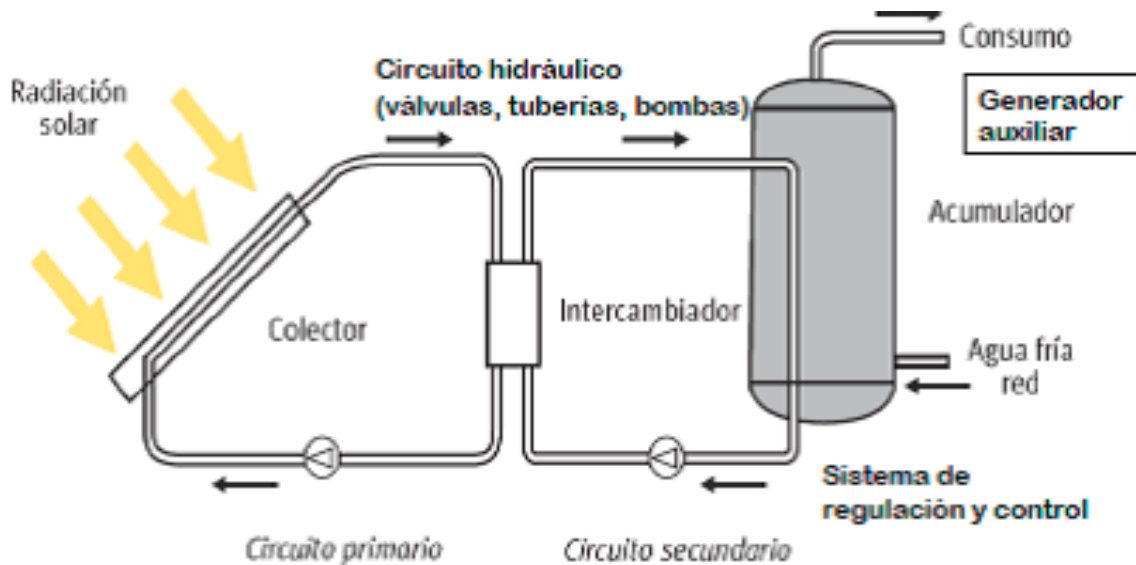
Actualmente la aplicación de los colectores se utiliza más frecuentemente para calentar agua, destinada para usos sanitarios (duchas o baños) y de limpieza (lavadoras, lavavajillas, etc.), también como apoyo en instalaciones de calentamiento de albercas, calefacción por suelo radiante o en instalaciones de producción de frío mediante equipos de absorción. Utilizar la energía solar para producir frío, es muy conveniente ya que precisamente en temporada de calor es cuando se tiene más irradiación solar (Aranda & Zabalza, 2009)

En México la irradiación solar en promedio anual es de 5.3 kwh/m<sup>2</sup> por día, varía dependiendo la zona y la época del año, llegando incluso a superar los 12.0 kwh/m<sup>2</sup> al día. La aplicación en algunas zonas de la energía solar térmica produce ahorros energéticos de hasta el 70%, su mantenimiento es mínimo y la vida útil de las instalaciones es de 15 a 20 años. A pesar de esto, no es posible que una instalación solar térmica, sea capaz por si sola de cubrir la demanda anual, debido a que no es constante, pero el ahorro que conlleva su instalación, la hace rentable económicamente y disminuye el impacto al medio ambiente, el inconveniente sería el costo de la instalación inicial. (Bernad, Monguy, & Schwartz, 1982)

Los colectores solares captan la energía solar para calentar algún fluido a cierta temperatura, regularmente se trata de agua, según la temperatura, los colectores se dividen en 3 grupos: de menos de 100°C son de baja temperatura, entre 100°C y 400°C son de media temperatura y más de 400°C son de temperatura alta. Los colectores de media y alta temperatura se basan en la concentración de la radiación solar. (Perales, 2007)

En la Figura 2.3 se observa el esquema básico de cómo se obtiene la energía solar térmica, a partir de un colector solar, se utiliza una calera para calentar el líquido a una temperatura fija. (Rivas, 2021)

Figura 2.3 Esquema Básico Energía Solar Térmica



Fuente: Instalaciones y Eficiencia Energética (Rivas, 2021)

### 2.3.1.1 Colectores de Baja Temperatura

Los colectores de baja temperatura realizan la captación de forma directa, sin concentración de rayos solares, y la temperatura del fluido nunca llega al punto de ebullición, los colectores más representativos de esta categoría son los colectores de polipropileno, los de placa plana y de tubos de vacío.

Los colectores de propileno se exponen directamente al sol y están compuestos por muchos tubos diminutos de propileno que absorben en calor, y al pasar el agua a través de ellos, esta se calienta a temperaturas que oscilan entre los 25 y 35 °C; se utilizan principalmente para calentar agua de piscinas. (Perales, 2007)

Los colectores de placa plana calientan los fluidos a temperaturas de entre los 50 y 70°C, utilizando el principio de efecto invernadero, se utilizan principalmente para duchas, calefactores de ventilador o suelo radiante y para el precalentamiento de fluidos para ciertas aplicaciones industriales.

Los colectores de tubo de vacío pueden calentar líquidos a temperaturas mayores a 70° sin llegar al punto de ebullición, se forman por tubos de vidrio cuyo interior se hace al vacío , esto elimina casi totalmente la pérdida de calor, por lo que se utilizan principalmente para calefacciones por radiadores o para refrigeración por medio de máquinas de absorción en zonas donde la radiación solar no es abundante. (Bocanument, 2018)

En la Figura 2.4 se muestra un colector solar plano de baja temperatura.

Figura 2.4 Colector Solar de Baja Temperatura



Fuente: Energía Solar 365 (EnergiaSolar365, 2011)

### 2.3.1.2 Colectores de Temperatura Media

Los colectores de temperatura media concentran los rayos solares con poca intensidad , consiguiendo temperaturas entre los 100 y 400°C , los colectores más utilizados dentro de esta categoría son los cilíndrico-parabólicos. (Sastre, 2016)

Los sistemas concentradores parabólicos se componen por espejos cilindro-parabólicos, que concentran la radiación solar de forma directa en un tubo receptor instalado en la línea focal del receptor, en el interior de este tubo circula un fluido de trabajo que se calienta por la radiación.

Esta energía térmica del fluido se puede utilizar para alimentar un ciclo de vapor convencional que, por medio de una turbina, transforme la energía directamente en eléctrica mediante un generador. Estos concentradores alcanzan temperaturas entre los 350° y 550°, al pasar de los 400° se les considera colectores de alta temperatura. (Carrasco, 2009)

Los colectores parabólicos han evolucionado, disminuyendo costos y agregando tecnología que rastrea el sol automáticamente para una máxima concentración de calor, para esto se realiza mediante una estructura que soporta los espejos y un motor que se mueve, según las instrucciones del sistema que calcula la posición del sol. (Vidriales, 2007)

En la Figura 2.5 se muestra un sistema de colectores solares cilíndricos de temperatura media.

Figura 2.5 Colector Solar de Temperatura Media



Fuente: Sopelia (Sopelia, 2017)

### 2.3.1.3 Colectores de Temperatura Alta

Los colectores de alta temperatura tienen un índice alto de concentración y son los que se utilizan principalmente en instalaciones aplicadas a la generación eléctrica, ensayos de materiales y desalinización de agua marina por evaporación. Con estos colectores se alcanzan temperaturas mayores a los 400°C, los colectores más utilizados en esta categoría son los helióstatos y discos parabólicos (Planas, 2015). Los colectores helióstatos son espejos muy pulidos que focalizan la radiación solar, concentrándola en un receptor, esta concentración es parecida al utilizar una lupa, estos espejos están dotados de un mecanismo preciso de seguimiento solar, de esta manera el receptor recibe la luz solar concentrada de forma constante, alcanzando temperaturas que pueden llegar a los 1,000 °C .

Los discos parabólicos, utilizan una superficie en forma de parábola que concentra los rayos solares en un receptor que contiene un gas, ya sea helio o incluso aire, con estos concentradores se alcanzan temperaturas hasta de 800°C. (Zarza, 2003)

En general, una instalación solar térmica está formada por los siguientes elementos:

1. Sistema de Captación, formado por varios colectores solares conectados entre sí.
2. Sistema de acumulación, formado por varios depósitos de almacenamiento de agua caliente.
3. Sistema de distribución, formado por tuberías, bombas y elementos de seguridad que trasladan el agua caliente producida a los puntos de consumo.
4. Sistema auxiliar, que apoya a los colectores solares cuando no se cuenta con suficiente radiación solar, pueden ser calderas o calentadores convencionales. (De la Cuesta, 2014)

En la Figura 2.6 se muestra un sistema de concentración solar de torre de alta temperatura.

Figura 2.6 Colector Solar de Temperatura Alta



Fuente: Energía solar (Planas, 2015)

### 2.3.1.4 Refrigeración Solar por Absorción y Suelo Radiante

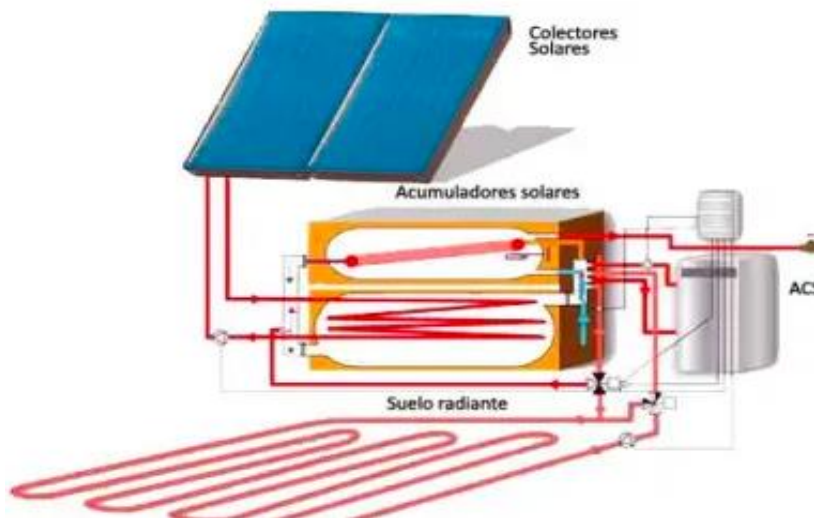
Una de las aplicaciones de la energía solar, que se encuentra en desarrollo y que resulta una de las más interesantes, es el sistema térmico para refrigeración. El interés en esta tecnología se basa al hecho de que coincide la mayor disponibilidad de radiación solar, con la demanda de refrigeración. (Míguez, 2010)

La refrigeración por absorción es un sistema antiguo que utiliza combustibles fósiles para generar frío, lo que se pretende es reemplazar el compresor mecánico por un elemento que realice la misma función, pero utilizando energía calorífica que se produzca a través del sol. (Nieto, 2010)

Otro sistema de refrigeración, adaptable a la energía solar térmica, es el suelo radiante, este sistema se basa en un concepto antiguo de calefacción llamado “pies calientes y cabeza fría”, consiste en instalar en el solado, tubos de polietileno por los que se hace circular agua a una temperatura entre 35 y 45°C, esto mantiene el suelo entre 20 y 28°C y el ambiente entre 18 y 22°C. (Olivera & Davy, 2011)

En la Figura 2.7 se observa el esquema de un sistema solar para suelo radiante, donde la energía de la radiación solar calienta el fluido que se hace circular por unos serpentines que transmiten el calor al piso (Palomino, 2014).

Figura 2.7 Esquema de Suelo Radiante con Colectores Solares



Fuente: Raúl Palomino (Palomino, 2014)

### 2.3.2 Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica utiliza paneles compuestos principalmente por células fotovoltaicas o células fotoeléctricas, estas células son dispositivos electrónicos que transforman la energía de la luz solar en electricidad, utilizando el efecto fotovoltaico. (Ortega, 1999)

El término fotovoltaico se utilizó por primera vez en Inglaterra en el año 1849, aunque su efecto fue reconocido hasta 1839 por el físico francés Becquerel. La primera Célula solar fue construida por Charles Fritts en 1883 con una eficiencia del 1%. La era moderna de la potencia solar llegó en 1954, los laboratorios Bell descubrieron accidentalmente los semiconductores de silicio lo que contribuyó a la fabricación de la primera célula solar comercial con una eficiencia de aproximadamente el 6%.

En 1958 los norteamericanos lanzaron el satélite Vanguard que utilizaba por primera vez paneles solares, esto causó gran interés por su utilización y estimuló la investigación que impulsó la mejora de los paneles solares, en 1970 se desarrolló la primera célula solar con etérea estructura de arseniuro de galio, y altamente eficiente, por Zhore Alferov y su equipo de investigadores, en la extinta Unión Soviética. (Barberá, 2014)

Un panel solar fotovoltaico es una estructura metálica compuesta de al menos 36 células solares conectadas en serie, los paneles solares son de forma rectangular, aunque las células pueden ser cuadradas o circulares. Los paneles tienen una potencia pico que va de 5  $W_p$  (Vatio pico) hasta 200  $W_p$  dependiendo de los materiales, entre más alto sea el  $W_p$ , más eficiente será el panel.

Las instalaciones solares pueden estar conectadas a la red eléctrica directamente, o ser instalaciones aisladas, para auto abastecimiento, estos últimos necesitarán de baterías para acumular la energía producida en el día. (García V. M., 1999)

Las células fotovoltaicas son fabricadas principalmente con silicio, la pureza de este y su alineación, son los elementos más importantes en el panel, ya que de esto depende su eficiencia y confiabilidad, en la práctica, la eficiencia de estos paneles llega hasta el 30%. Así, el mundo científico se ha dado a la tarea de realizar nuevas investigaciones para encontrar nuevos materiales fotosensibles que incrementen la eficiencia a menor costo. (Noguera, Pinto, & Villarreal, 2018)

La electricidad que se genera en un panel fotovoltaico es corriente continua, por lo que se necesita de reguladores, acumuladores y convertidores de energía para poder aprovecharla.

El rendimiento de un panel representa la eficiencia con la que una placa solar convierte la energía solar en energía eléctrica. Cuanto mayor es el rendimiento, la placa genera mayor cantidad de kWh de energía por vatio de capacidad de potencia. (Tobajas, 2018)

Los paneles solares fotovoltaicos se clasifican según su materia prima de fabricación, los más comunes son:

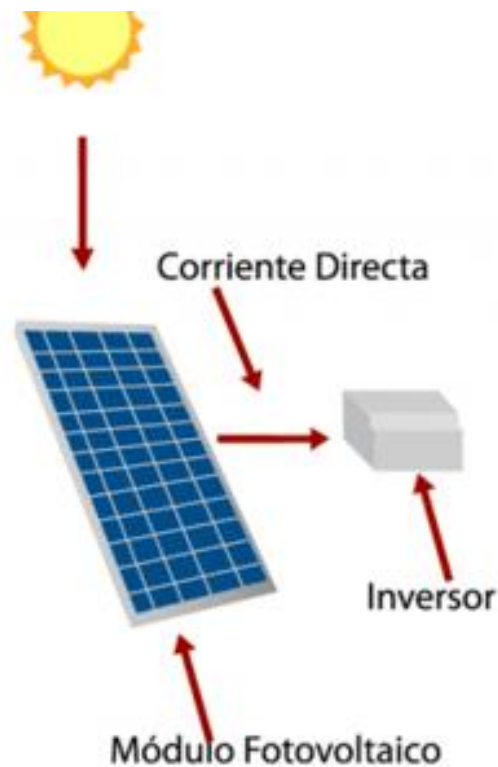
1. Paneles solares Monocristalinos. Estas celdas son fabricadas a partir de láminas de silicio que provienen de un solo cristal y que se obtienen con el proceso de Czochralski\* , la pureza del material en estos paneles hace que su eficiencia sea de al menos 20% y su duración es superior a los 25 años, su rendimiento no disminuye en zonas con poca intensidad solar, y su costo es más elevado que otro tipo de paneles, por lo que se recomienda su uso en la industria y no para el hogar. (Ovalle, 2014)
2. Paneles solares Policristalinos. Estas celdas son fabricadas a partir de pasta de silicio formada por varios pequeños cristales, las placas que se obtienen son de menor espesor que las monocristalinas, y su eficiencia está entre el 12% y el 14%. (Barbosa, 2013)
3. Paneles solares Amorfos. Son menos eficiente los policristalinos, pero utilizan una cantidad menor de silicio para su fabricación, lo que implica un menor gasto energético en su elaboración y menor precio, sus propiedades ópticas los hacen recomendables para su instalación en casas o edificios. (Guerrero, 2017)
4. Paneles solares de sulfuro de cadmio y sulfuro de cobre, su rendimiento es del 9%, son mucho más baratos, pero se degradan con el paso del tiempo, aun así, se sigue investigando la manera de mejorarlos.

\*El método de Czochralski se utiliza para obtener silicio monocristalino utilizando un cristal semilla que se deposita en una carga líquida, la forma del monocristal se controla utilizando diferentes tipos de moldes. (Arenas & Nasello, 1993)

5. Paneles solares de arsénico de galio. El método de fabricación de estas celdas es más costoso que los anteriores, pero su eficiencia llega a ser hasta del 32%, por lo que, se emplean en satélites y vehículos aéreos no tripulados. (Noguera S. O., 2017)
  
6. Paneles solares híbridos. Estos paneles aprovechan la energía térmica residual del panel fotovoltaico utilizando un recuperador de calor, esto ayuda a disminuir la temperatura de las células fotovoltaicas, con esta unión se ha llegado a incrementar la eficiencia hasta en un 70%. (González V. J., 2009)

En la Figura 2.8 en un esquema sencillo se muestra el funcionamiento de un panel solar fotovoltaico, el cual produce energía eléctrica directa de la radiación solar.

Figura 2.8 Esquema de un Panel Solar Fotovoltaico



Fuente: EfectoLED (EfectoLED, 2018)

En un sistema fotovoltaico, se debe contar con acumuladores o baterías, estos son los encargados de almacenar la energía eléctrica que se produce, los acumuladores pueden ser Acumuladores Estacionarios: están fijos y manejan corrientes permanentes; o Acumuladores de Arranque: previstos para suministrar una cantidad elevada de electricidad en pocos segundos, por ejemplo, el utilizado para arrancar un automóvil.

Los acumuladores se fabrican de varios elementos como: plomo-ácido, plomo-antimonio, plomo-calcio, níquel-cadmio, níquel-hidruro metálico, acumuladores de ciclo profundo gelatinosas, acumuladores herméticos y acumuladores monoblock, todos estos son del tipo estacionario, y dependiendo de las necesidades de almacenamiento, se elegirá el tipo de acumulador. (Alcor, 2008)

Así mismo, las instalaciones fotovoltaicas, deben contar con un Regulador, cuya misión es evitar la sobrecarga y descargas excesivas en los acumuladores, de no utilizarse se pueden producir daños irreversibles en el sistema fotovoltaico.

Existen dos tipos de reguladores, el paralelo y el regulador en serie; aunque los dos tipos su misión es la misma, se diferencian en la forma de trabajo y precio, los paralelos se utilizan en instalaciones pequeñas y los reguladores en serie para instalaciones donde se obtienen intensidades elevadas de electricidad. (Acevedo, 2016)

Los convertidores son una parte importante también en las instalaciones fotovoltaicas, ya que transforman la corriente eléctrica producida al amperaje necesario para sus diferentes usos, los dos convertidores más usuales son los de Corriente continua a Corriente continua (c.c.- c.c.) y los de Corriente continua a Corriente Alterna (c.c.- c.a.). (Alcor, 2008)

El mantenimiento de las instalaciones fotovoltaicas es sencillo, ya que no cuentan con elementos de desgaste como motores o partes móviles, el mantenimiento recomendado es carácter preventivo realizando una revisión de paneles, limpieza y comprobación de conexiones. El polvo, la lluvia, el granizo, los rayos y la nieve, resultarían ser los principales causantes de las interrupciones en el suministro de las instalaciones solares fotovoltaicas. (Tobajas, 2018)

En la Figura 2.9 se observa una de las 10 instalaciones solares más grandes del mundo, situada en India, el Parque Solar Fotovoltaico de Charanka cuenta con una potencia instalada de 345 MW. (Ortíz, 2016)

Figura 2.9 Parque Solar Fotovoltaico en Charanka, Gujarat, India



Fuente: Ecosolar (Ortíz, 2016)

## 2.4 Energía Solar Foelectroquímica

La fotoelectroquímica, es la ciencia que estudia los procesos que ocurren bajo la influencia de la iluminación sobre cualquier electrodo inmerso en un electrolito, entre sus numerosas aplicaciones, una de las que más llama la atención es romper la molécula del agua en sus componentes fundamentales.

La historia de la fotoelectroquímica inicia en 1839 con los experimentos realizados por el francés Edmond Becquerel, el utilizaba dispositivos en estado líquido que al ser iluminados, generaban una carga eléctrica; posteriormente en 1966, Brattain y Garrett establecieron relaciones entre las propiedades electroquímicas de algunos semiconductores y su estructura electrónica, la teoría de la fotodescomposición fue propuesta por Gerischer en 1960, y finalmente en 1972, Fujishima y Honda, demostraron la fotodescomposición del agua en hidrógeno y oxígeno. (Monllor, 2010)

Desde el punto de vista químico, las celdas fotoelectroquímicas son la forma más eficiente, de transformar la energía solar, estos dispositivos son simples, a través de un electrodo semiconductor, se absorbe la luz solar, con esta luz el electrodo crea cargas deslocalizadas, que al separarse producen una corriente eléctrica, la eficiencia de estas celdas es mayor al 15%. (Fernández, Sánchez, Lucas, & García, 2018)

Las celdas fotoelectroquímicas se pueden definir como híbridos entre las celdas fotovoltaicas y el proceso de fotosíntesis, ya que pueden utilizarse tanto como para producir electricidad, para almacenar un combustible químico, como hacen las plantas en su proceso fotosintético; o ambos a la vez.

Alternativamente, si se cuenta con bastante energía, se puede reducir agua a hidrógeno, al mismo tiempo que se genera electricidad, esta habilidad es única de las celdas fotoelectroquímicas. (Grimes, Varghese, & Ranjan, 2008)

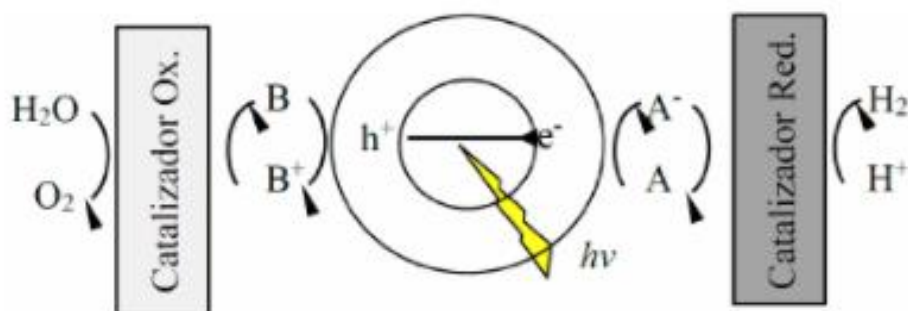
Existen dos tipos de celdas fotoelectroquímicas:

1. Las celdas fotovoltaicas electroquímicas, que se utilizan para convertir la energía solar en energía eléctrica
2. Las celdas fotoelectrosintéticas, que se utilizan para influir sobre ciertas reacciones químicas, este tipo de celdas se dividen en dos:
  - a. Las Celdas fotoelectrolíticas, que se utiliza la energía solar para activar reacciones endotérmicas, por ejemplo:  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$  (Separación del agua)

- b. Las Celdas fotocatalíticas, que se utiliza la energía solar para activar reacciones exotérmicas, por ejemplo:  $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$  (Generación de amoníaco). (Bard & Faulkner, 2001)

En la Figura 2.10 se observa un esquema general de un sistema fotoelectroquímico que implica un absorbedor de luz, en el centro del esquema se representa el sistema de luz absorbente las cuplas A/A<sup>-</sup> y B/B<sup>+</sup> actúan como los principales receptores de electrones, la reacción es estimulada por los catalizadores de reducción y de oxidación. (Filippin & Fasoli, 2021)

Figura 2.10 Esquema de un Sistema para la Conversión de Energía Solar en una Reacción Fotoelectroquímica



Fuente: Anales AFA, (Filippin & Fasoli, 2021)

Actualmente, los combustibles fósiles proporcionan la energía para el funcionamiento de transportes, maquinarias, luz y calor, el hidrógeno puede realizar estas funciones sin generar contaminación. El método de utilizar celdas fotovoltaicas para electrolizar el agua, probablemente se convierta en el principal método para la generación de H<sub>2</sub> en el futuro, superando a la energía generada por biomasa, ya que se necesitarían cantidades muy grandes de insumos para igualar la potencia de las celdas fotovoltaicas. El objetivo a futuro sería utilizar al hidrógeno como portador primario de energía, y obtenerlo sin generar emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. (Fernández, Sánchez, Lucas, & García, 2018)

## 2.5 Energía Solar vs Otras Energías Limpias

Comparando la energía Solar, con la Bioenergía, Eólica, Geotérmica, Oceánica, Hidroeléctrica y Nucleoeléctrica. (González V. J., 2009), obtenemos los siguientes resultados:

### **Emisiones**

**Solar.** No se producen emisiones de sustancias contaminantes, líquidas o gaseosas.

**Bioenergía.** El proceso es neutro en cuanto al balance de CO<sub>2</sub> atmosférico, si la combustión se realiza de manera completa, de lo contrario se pueden producir cantidades altas de CO<sub>2</sub>, óxidos de Azufre, partículas sólidas en suspensión, dioxinas, ácido clorhídrico, benzopireno e hidrocarburos aromáticos policíclicos, estos últimos son cancerígenos.

**Eólica.** No produce emisión de CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> ni de NO<sub>x</sub>, cenizas, humos ni partículas sólidas en suspensión.

**Geotérmica.** Emisión de gases no condensables como, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, dióxido de azufre, hidrógeno, ácido sulfhídrico y metano.

**Oceánica.** No generan gases contaminantes ni de efecto invernadero.

**Hidroeléctrica.** Los sedimentos de origen orgánico se descomponen, dando lugar a la formación de gas metano.

**Nucleoeléctrica.** Bajas emisiones de carbono

### **Ruido**

**Solar.** No existen ruidos peligrosos asociados a las partes móviles de los paneles.

**Bioenergía,** sus instalaciones cuenta con medidas reductoras de ruido.

**Eólica.** Producen ruido mecánico y ruido aerodinámico que se intensifica dependiendo de la velocidad de rotación.

**Geotérmica.** Se genera ruido durante la perforación de pozos, también se generan ruidos análogos al poderse producir explosiones y escapes de vapor a alta presión.

Oceánica. Los ruidos que generan suelen ser más bajos que el ruido del oleaje

Hidroeléctrica. No producen ruido que influya en las comunidades aledañas ni en la fauna del sector.

Nucleoeléctrica. No producen ruido que influya en sus inmediaciones.

### **Impacto Visual**

Solar. Tiene valoraciones estéticas positivas y negativas, dependiendo del observador.

Bioenergía. Las instalaciones pequeñas y medianas, como hogares de leña, chimeneas o digestores de residuos ganaderos en granjas no producen impacto visual; las instalaciones de gran tamaño como centrales térmicas que queman residuos forestales o agrícolas producen un alto impacto visual.

Eólica. La percepción visual depende del tamaño de las turbinas, el diseño, número de paletas del rotor, del color y número, dependerá del criterio estético del observador.

Geotérmica. Todos los elementos de la bomba de calor se encuentran enterrados o por lo que su impacto visual es nulo.

Oceánica. Construir una presa en el mar constituye un impacto visual positivo, ya que protegen contra maremotos, inundaciones, mitigan los efectos de las tormentas y favorecen a la navegación.

Hidroeléctrica. Alto impacto visual, ya que existe la posibilidad de un fallo catastrófico, especialmente en zonas sísmicas.

Nucleoeléctrica. En general dañan el paisaje y representan un impacto visual negativo.

### **Afectación al ecosistema**

Solar. Ninguna.

Bioenergía. Puede limitar los alimentos de la fauna que habita la región de cultivo, provocar erosión del suelo, disminuir el agua disponible en la región, aumentar la tasa de deforestación de bosques, y pérdida de biodiversidad.

Eólica. Impacto sobre la fauna voladora, especialmente sobre las especies migratorias.

Geotérmica. Contaminación del agua de ríos o lagos próximos, cambios en el paisaje, erosión del suelo, la construcción de instalaciones, caminos, perforación, tuberías, etc., promueven la pérdida de hábitats.

Oceánica. Algunas especies se pueden ver afectadas y otras beneficiadas, disminuye efectos erosivos, su principal impacto se produce en faunas piscícolas y avícolas, especialmente las migratorias

Hidroeléctrica. cambios de niveles de agua, secado de pozos, desaparición de especies vegetales y fauna piscícola, puede interferir con la migración de especies acuáticas

Nucleoeléctrica. Se generan residuos peligrosos para el medioambiente y la salud,

### **Otros**

Solar. Se puede producir contaminación en la fabricación si se utiliza Seleniuro de Cobre e Indio ( $\text{Se}_2\text{CuIn}$ ) o Teluro de Cadmio ( $\text{CdTe}$ ), si se produce un incendio de los paneles se libera ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) a la atmósfera.

Bioenergía. Se le da utilidad a los residuos orgánicos e inorgánicos, al mismo tiempo que se les elimina.

Eólica. Interferencia electromagnética, su intensidad depende de los materiales con los que se fabriquen las paletas.

Geotérmica. Hundimiento del terreno y pudieran provocar sismos

Oceánica. No existen muchos lugares adecuados para la instalación de plantas.

Hidroeléctrica. Garantiza el suministro de agua, ayuda al control de inundaciones, ayuda al riego agrícola y ofrece posibilidades de recreo.

Nucleoeléctrica. Los accidentes nucleares son catastróficos.

La mejor de las energías limpias, depende de la geografía de cada país, las energías limpias tienen fortalezas y desafíos, por lo que, lo mejor sería la mezcla entre ellas, que aproveche las diferencias regionales dentro de cada país (Enérgya, 2018).

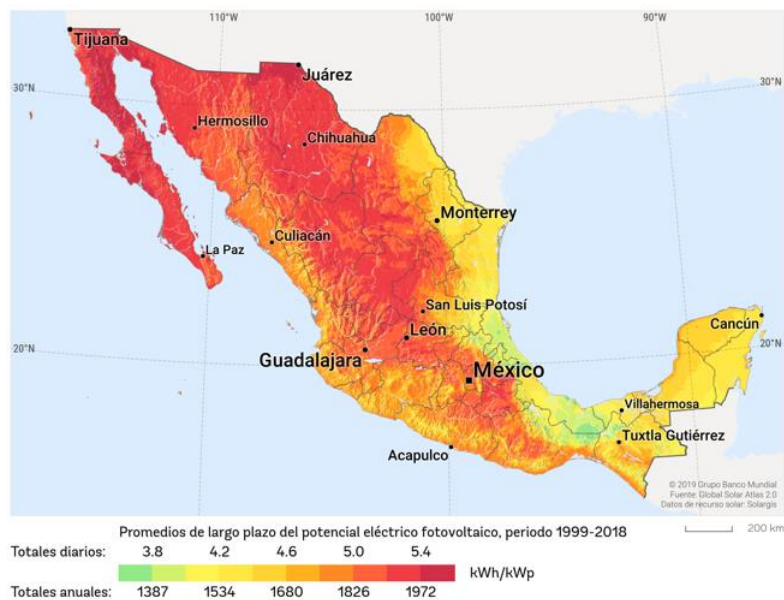
## 2.6 Radiación Solar en México

México es uno de los países con mayor potencial para los sistemas fotovoltaicos, ya que forma parte del Cinturón Solar Global (CSG), entre 15° y 35° de latitud, zona donde se registra la mayor radiación solar en el mundo. (Ulloa, García, Pérez, Meulenert, & Ávila, 2011)

Los países que se encuentran en el CSG representan , aproximadamente, el 75% de la población mundial y el 40% de la demanda global de electricidad. A pesar de los niveles de radiación solar en el CSG, la capacidad instalada en el mismo es de tan solo el 9% a nivel mundial. (Amelio, 2011)

En Figura 2.11, se muestra un resumen del potencial eléctrico solar fotovoltaico estimado en México, éste se calcula teniendo en cuenta la radiación solar, la temperatura del aire y el terreno, para simular la conversión energética de una instalación Fotovoltaica con módulos de silicio cristalino, en el periodo de 1999 a 2018. En esta figura podemos observar que en gran parte del país se cuenta con niveles de potencial solar promedio diario de 5.0 Kwh / m<sup>2</sup> .

Figura 2.11 Potencial Eléctrico Fotovoltaico en México



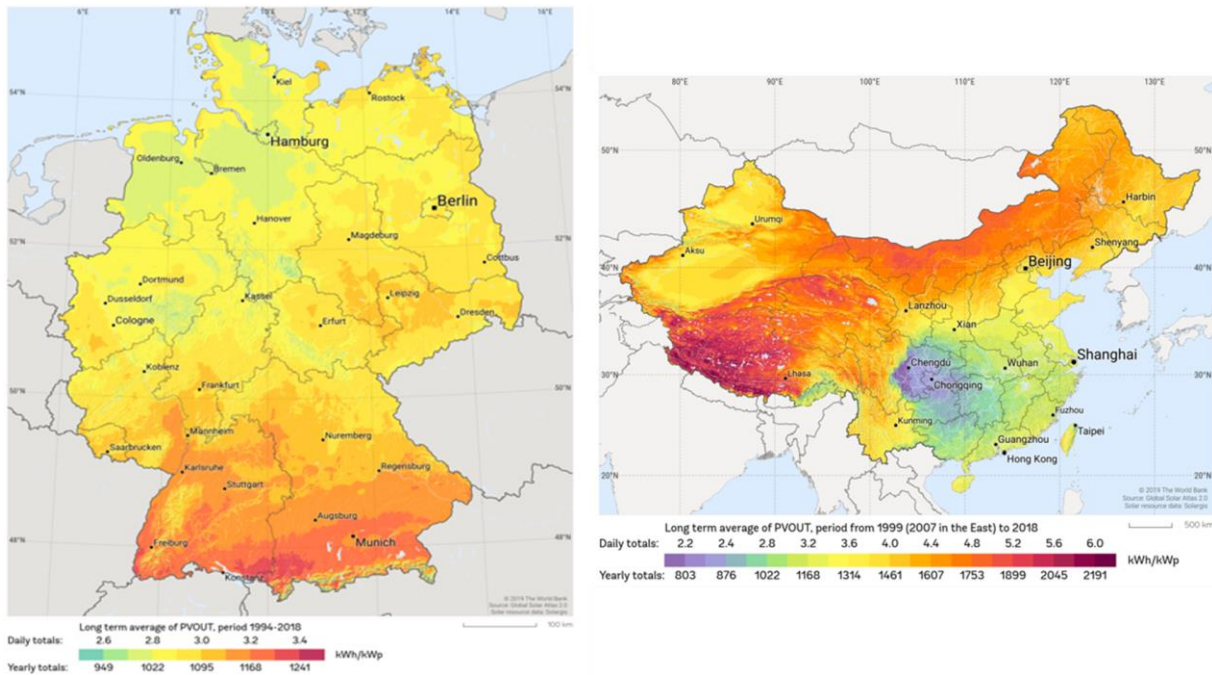
Fuente: The World Bank, (Bank, 2020)

En la República Mexicana, por su ubicación, geografía, latitud y altitud, predominan los climas secos en el 50% del país, clima tropical en el 30% y clima templado en el 20% restante, aproximadamente, la combinación de estos tres climas propicia las mejores condiciones para el desarrollo de la energía solar. (Gómez R. J., 2011)

Utilizando la radiación solar que recibe el estado de Sonora en el 1% de su superficie total, se podrían generar 430.5 TW h al año, esta cantidad puede variar entre el 10% y el 30% dependiendo la eficiencia de la tecnología solar que se utilice, pero pudiera cubrir la generación total de energía eléctrica del país, que en 2014 fue de 301.5 TWh. (Sánchez, 2014)

En la Figura 2.12 se muestra el potencial eléctrico fotovoltaico de los países que tienen el mercado más grande de paneles solares en el mundo: Alemania y China, Se observa que Alemania tiene un potencial Fotovoltaico de 1.1 y China de 4.5 Kwh/m<sup>2</sup> promedio diario.

Figura 2.12 Potencial Eléctrico Fotovoltaico en China y Alemania



Fuente: The World Bank, (Bank, 2020)

Para comparar el aprovechamiento solar entre México, Alemania y China se consideraron la radiación solar, el tamaño del territorio y la generación de electricidad obtenida del sol. (Limón, 2017)

En la Tabla 2.13 se observa el resultado de esta comparación, México tiene un territorio 5.5% mayor y una radiación 5% mayor que Alemania; sin embargo, la energía que genera Alemania es 44.2% mayor que la que genera México. También se observa que México tiene un territorio 4.9% menor y una radiación 1.2% mayor que China, sin embargo, en México se produce sólo el 0.1% de energía que se produce China.

Si estimamos la generación solar posible por kilómetro cuadrado en los 3 países, obtenemos que Alemania aprovecha el 1.3% de su energía solar, China aprovecha el 0.3% de su energía solar, y México aprovecha el 0.001% de su energía solar.

Tabla 2.13 Comparativo de Aprovechamiento Solar

<b>País</b>	<b>Tamaño del territorio (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Radiación Solar (Kwh / m<sup>2</sup>)</b>	<b>Generación de energía solar (Gwh)</b>
<b>Alemania</b>	357,376	1.1	5,047
<b>China</b>	9,597,000	4.5	116,500
<b>México</b>	1,964,000	5.5	114

Fuente: Centro de Investigación Económica y Presupuestaria (Limón, 2017)

Desde un punto de vista del medio ambiente, desarrollar la energía solar en México es de los planes más benéficos, los impactos generados se delimitan para cada tipo de ubicación. Aprovechar el potencial solar del territorio, depende de las condiciones climatológicas y meteorológicas de la zona, la intensidad de radiación solar y de las horas sol diarias. En México la posición geográfica es favorable, los datos climáticos se encuentran en el rango permitido, por lo que se pueden desarrollar sistemas de aprovechamiento de la energía solar. (Ulloa, García, Pérez, Meulenert, & Ávila, 2011)

## Conclusión Capitular

Las energías limpias han avanzado a grandes pasos en los últimos años, de tal forma que ahora son una forma viable, rentable y segura para producir energía y combatir al cambio climático.

Una vez teniendo claro los alcances y usos de la energía limpia, y en particular de la energía solar, en el siguiente capítulo se define la situación de las energías limpias en nuestro país y se analiza, cómo se puede implementar en la operación de Petróleos Mexicanos, para balancear las emisiones que produce la empresa en su operación diaria, disminuyendo gastos y contribuyendo para disminuir la temperatura del planeta.

## Capítulo 3. México y la Generación de Energías Limpias: Una Propuesta de Implementación de Energía Solar en PEMEX

Si bien en México Petróleos Mexicanos ha sido la empresa en la que se ha basado el desarrollo del país, la empresa es una de las más contaminantes, su contribución con el calentamiento global, y la repercusión en la salud de la población es innegable; si bien en algún momento se consideró a la contaminación como un mal necesario, es momento de Pemex sea una vez más, ejemplo de cambio utilizando energía renovables, si bien en México se utiliza ya desde hace años varios tipos de energías limpias, estas no han sido explotadas en todo su potencial.

En este capítulo se revisa la evolución de las energías limpias en nuestro país y los compromisos que ha hecho México para combatir el cambio climático y las leyes para este fin; así como la participación de Pemex en el impacto ambiental, sus problemas y estrategias para combatir el cambio climático y ser una empresa sustentable; finalmente se presenta una propuesta para utilizar la energía solar en Petróleos Mexicanos.

### 3.1 Breve Historia de las Energías Limpias en México

El uso de la bioenergía en México se remonta a las etapas más tempranas de nuestra civilización con el uso de la leña, aceites, grasas, y carbón vegetal. Fue en el año de 1997 cuando la SEMARNAT, publica las primeras regulaciones para los productores de bioenergéticos y biomasa en México; para 2010 se operaban 367 biodigestores y 354 más estaban en construcción. La experiencia de México en bioenergía está principalmente en el área de biodigestores, generación de electricidad en rellenos sanitarios, captura de metano, producción de biodiesel a partir de residuos y estufas eficientes de leña. (OISE, 2020)

En México la primer hidroeléctrica se instaló en Chihuahua en el año de 1889, los empresarios mineros de Batopilas, aprovecharon las aguas del río del mismo nombre, para generar la energía eléctrica que abasteciera a sus minas, esto fue el detonante para que varias empresas invirtieran en pequeñas plantas hidroeléctricas como Textil San Ildefonso, Industrial de Orizaba, Luz y Potencia El Portezuelo, Mexicana de Electricidad, Segura y Braniff, entre otras.

La eficiencia de estas plantas hidroeléctricas superaba la demanda de las minas y fábricas, por lo que, los dueños empezaron a vender los excedentes a los comerciantes cercanos o al gobierno, para el tranvía, alumbrado público, bombeo de agua, etc., de esta forma para 1900 existían por lo menos 15 plantas hidráulicas con una capacidad de 12,000 kWh. (Ramos & Montenegro, 2012)

La Geotermia en México inició en 1959, la Comisión Federal de Electricidad instaló la primera planta experimental de 3.5 MW en la zona de Pathe, Hidalgo, esta planta se desmanteló 14 años después, pero motivó a continuar con la exploración y desarrollo geotérmico, actualmente se operan cuatro campos de tipo hidrotermal con una capacidad total de aproximadamente 953 MW, dos de ellos están ubicados en la provincia de la faja Volcánica Mexicana, otro en la cuenca transtensional del sistema de falla de San Andrés y una más en la tectónica activa del Golfo de California. (Abril, 2004)

La energía nuclear en México, pasó por una serie de problemas, tanto políticos como sociales, y el primer y único proyecto en México de energía nuclear es la Central Nuclear de Laguna verde, su construcción inició en el año de 1976, por el accidente de Chernóbil en 1986 fue altamente criticada y se levantaron varios movimientos en contra de la construcción, finalmente en 1990 comenzó a operar la unidad uno y en 1995 la unidad dos, la central nuclear está ubicada sobre la costa del Golfo de México en el estado de Veracruz, su superficie es de 370 hectáreas y cada una de sus unidades tiene una capacidad de 840 MW, por lo que su capacidad total es de 1,640 MW. (Azuela & Talarcón, 1999)

La energía solar térmica, ha sido utilizada en México desde décadas atrás, por particulares principalmente para el calentamiento de agua sanitaria. A raíz del incremento de tecnología fotovoltaica instalada en empresas particulares dentro del país, en 2007 se implementó un esquema de interconexión de fuentes de energía fotovoltaica, para que los pequeños generadores pudieran inyectar sus excedentes a la red pública, el primer proyecto fotovoltaico a gran escala, se instaló al sur de Coahuila en 2018, en una extensa área desértica, la Planta Villanueva fue desarrollada por una empresa italiana, con de 2.3 millones de paneles solares y una capacidad de 754 MW. (Cobán, 2021)

El primer campo de turbinas eólicas de México fue el de La Venta, en Oaxaca, puesto en marcha en 1994 por licitaciones de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), con siete aerogeneradores y una capacidad de 1.57 Mw. En 2002 se instaló La Venta II, incrementando en 83 Mw la capacidad de generación. Fue hasta 2006 cuando se detonó la expansión de los campos eólicos y fueron considerados en una nueva línea de transmisión de 145 kilómetros de largo que permitiría integrar la energía generada a la red nacional. (Von Vertrab, 2021)

La Energía Oceánica, aún no se ha implementado en México, el Centro Mexicano de Innovación en Energía-Océano (CEMIE-Océano) evalúa la capacidad de los mares mexicanos para la generación de electricidad, y ha determinado que las regiones con mayor potencia se encuentran en la Península de Baja California Yucatán, la costa occidental de México y Tamaulipas. Actualmente los costos de generación de este tipo de energía no son competitivos, pero se espera que con el avance tecnológico se disminuyan los costos y se pueda invertir en México para abastecer de electricidad a comunidades pesqueras, islas, puertos y plataformas petroleras. Un punto importante es que México ha desarrollado tecnología propia de al menos un convertidor de energía del oleaje, estos entrarán en etapa de construcción y pruebas en los próximos años. (Ulloa T. M., 2020)

### 3.2 Diagnóstico y Evolución de México en la Generación de Energías Limpias

El 20 de diciembre del 2013, es promulgada y publicada en el Diario Oficial de la Federación, el Decreto de La Reforma Energética, con esta ley la constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos fue modificada en varios artículos en materia de Energía, brindando la oportunidad al sector privado de participar en el Sector eléctrico nacional, incentivando la libre competencia, lo que se traduciría en un impacto positivo de las actividades económicas, también se pretendía transformar y modernizar a la Comisión Federal de electricidad y a Petróleos Mexicanos. (Pau, 2015)

Posteriormente, en el año 2014 se promulgaron las leyes secundarias con sus reglamentos y se modificaron para consolidar el nuevo régimen, el principal cambio consistió en que quedaban fuera de las actividades estratégicas a cargo del estado,

la generación y comercialización de la electricidad, lo cual generó nuevas regulaciones en materia de energía.

Con este punto, la Reforma buscaba no sólo fortalecer la competitividad en generación, transmisión, suministro y distribución, si no también impulsar la utilización de recursos no fósiles y con esto, contar con una mayor fuente de generadores que satisficieran la demanda a precios más competitivos. (SENER, Prospectiva del Sector Eléctrico 2014-2028, 2014)

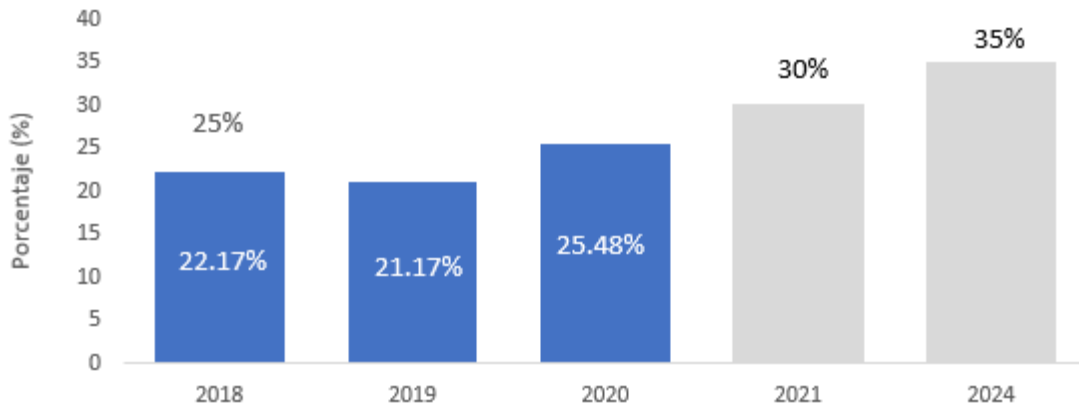
El 4 de noviembre del año 2016, 11 meses después de su firma, se publica en el Diario oficial de la Federación el Acuerdo de París, a partir de ese momento. México se compromete a mantener el aumento de temperatura media mundial, por debajo de los 2°C y limitar el aumento de la temperatura a 1.5°C con respecto a los niveles preindustriales, así como a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. (Presidencia, 2016)

A partir de ese momento, se establecieron metas de corto y mediano plazo para la generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energías limpias, estas metas establecen una participación de energías limpias en el país para 2018 del 25%, para el 2021 del 30% y para el 2024 del 35%, estas metas se fijaron en la Ley General de Cambio Climático y en la Ley de Transición Energética, es por ello por lo que cada año, la Secretaría de Energía presenta un Reporte de Avance de Energías limpias

El significado del término “energía limpia” en nuestro país, tuvo su origen en varias discusiones en el ámbito de la reforma energética del 2013, en él se incluyeron fuentes de energía renovables y no renovables otorgándoles características de sustentabilidad y limpieza, de esta forma, en México, las energías limpias no renovables es conformada por la generación nucleoelectrónica, la generación eléctrica proveniente de plantas convencionales que incorporan procesos de cogeneración eficiente y que cumplen con los criterios de eficiencia emitidos por la CRE, las energías limpias renovables son la Hidroeléctrica, Geo termoeléctrica, Eolo eléctrica, Fotovoltaica y Bioenergía. (SENER, Marco Jurídico del Reporte de Avance de Energías Limpias, 2020)

En la Gráfica 3.1 se muestra el avance en las metas de generación eléctrica con energías limpias 2018-2024, donde se observa que la meta establecida para 2018 fue alcanzada hasta el año 2020 y que la diferencia entre el la meta establecida y el porcentaje logrado en 2018 fue de 2.83% y en 2019 de 3.24%.

Gráfica 3.1 Metas de Generación Energía Limpia



Fuente: SENER con información de CRE, CENACE, CFE (SENER, Marco Jurídico del Reporte de Avance de Energías Limpias, 2020)

En el año 2020, la generación eléctrica dependiente del gas natural se ha incrementado en un 57.2% con respecto al año 2014, promover otro tipo de fuentes renovables no sólo reduciría la importación del gas natural, si no que minimizaría la dependencia energética de Estados Unidos. El tema de seguridad energética y la inversión en energías limpias, cada vez se vuelven más importantes, no sólo representan una seguridad económica debido a que su costo marginal es cero si no que representan seguridad de continuidad energética, el reto de esta inversión además de cumplir con estas metas mundiales establecidas es el resolver cómo los beneficios económicos se traducirán también en beneficios sociales. (Villareal & Tornel, 2017)

El programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) en su planeación 2021-2035 (SENER, Programa de desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2021-2025, 2021) señala que, en 2021, la capacidad instalada a la red de las Centrales Eléctricas pertenecientes a la CFE, Productores Independientes de Energía Eléctrica (PIE), Autoabastecimiento (AU), Cogeneración (COG), Pequeña Producción (PP), Importación (IMP), Exportación (EXP) y Usos Propios Continuos (UPC) del SEN; es de 89,479 MW.

En la Tabla 3.2 se presenta la capacidad instalada en el SEN (Sistema Eléctrico Nacional) por los principales tipos de tecnologías para el 2019, 2020 y al 30 de abril de 2021, donde se observa que esta capacidad está basada en un 63.53% en combustibles fósiles, 36.47% en fuentes limpias de energía, el 32.09% corresponde a las fuentes limpias renovables y el 4.38% a fuentes limpias no renovables. Es destacable el hecho de que, en los últimos 3 años, la capacidad de energía solar creció 92.7% pasando de 3,646 MW en 2019 a 7,026 en 2021.

Tabla 3.2 Capacidad Instalada en el SEN 2019-2021

<b>Tecnología</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>% 2021</b>
Hidroeléctrica	12,612	12,612	12,614	14.10
Geo termoeléctrica	899	951	976	1.09
Eolo eléctrica	6,050	6,504	7,691	8.60
Fotoeléctrica	3,646	5,149	7,026	7.85
Bioenergía	375	378	408	0.46
<b>Total Limpia Renovable</b>	<b>23,582</b>	<b>25,594</b>	<b>28,715</b>	<b>32.09</b>
Nucleoeléctrica	1,608	1,608	1,608	1.80
Cogeneración Eficiente	1,710	2,305	2,309	2.58
<b>Total Limpia No Renovable</b>	<b>3,318</b>	<b>3,913</b>	<b>3,917</b>	<b>4.38</b>
<b>Total Energía Limpia</b>	<b>26,900</b>	<b>29,507</b>	<b>32,632</b>	<b>36.47</b>
Ciclo combinado	30,402	31,948	35,060	39.18
Térmica convencional	11,831	11,809	11,809	13.20
Turbo gas	2,960	3,545	3,781	4.23
Combustión Interna	891	850	734	0.82
Carboeléctrica	5,463	5,463	5,463	6.11
<b>Total Energía Fósil</b>	<b>51,547</b>	<b>53,615</b>	<b>56,847</b>	<b>63.53</b>
<b>Total</b>	<b>78,447</b>	<b>83,122</b>	<b>89,479</b>	<b>100.00</b>

Fuente: SENER con información CENACE (SENER, Programa de desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2021-2025, 2021)

Como se ha mencionado antes, la energía Fotovoltaica es una de las más prometedoras en nuestro país, el despliegue de inversión que se destine a la energía fotovoltaica, está ligado con una gran generación de residuos, una vez que estos sistemas, terminen su vida útil, considerando la inversión actual en sistemas fotovoltaicos y considerando aproximadamente 30 años de vida, por el año 2045 México tendrá 1.2 millones de toneladas de residuos de diferentes metales, alrededor de 42% de Fe, 26% de Al, 26% de Si y 5% de Cu; afortunadamente y asumiendo que se contará con una tecnología de reciclaje eficiente, se podrían reciclar unas 920 mil toneladas de residuos, recuperando metales preciosos como plata, oro, galio, indio, cadmio y telurio. (Domínguez & Geyer, 2017)

En México se han puesto en marcha proyectos de energía renovable, para suministrar energía limpia a un mejor precio, en el país se generan 62 GW con tecnología solar fotovoltaica, 49 GW vienen de proyectos privados y 13 GW de 2 plantas generadoras de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Se tiene un potencial probado de 16,351 GW a base de energía solar, el potencial de energía solar es de 19,805 GW, actualmente se generan 7,675 GW al año de los cuales 220 GW vienen de la CFE y 7,455 vienen de generadores privados, las principales tecnologías en el país son la hidroeléctrica, los parques eólicos y la geotermia, cualquier proyecto de energía renovable necesita el apoyo del gobierno con los mecanismos adecuados que lleven al país a cumplir con el objetivo del 35% de generación a partir de fuentes limpias en el año 2021. (Pérez, Fernández, Vilariño, Montaña, & Maldonado, 2017)

El principal producto de origen fósil que remplazarían las energías limpias sería el carbón, aumentar la inversión en energías renovables impulsaría la diversificación del suministro, la demanda de carbón se reduciría en un 62%, el gas en un 21% y el petróleo en un 6%, para 2030 si se modificaran las políticas actuales. México podría generar 46% de su electricidad utilizando energías limpias.

El aumento de las energías renovables puede impulsar la diversificación del suministro energético de México, reduciendo potencialmente la demanda de carbón en un 62%, la de gas natural en un 21% y la de petróleo en un 6% en 2030, para esto se necesitaría una inversión para alcanzar 30 GW de energía eólica y 20 GW de energía solar fotovoltaica, lo cual representaría el 26% de la generación total de energía; con esto las centrales hidroeléctricas representarían el 12% de la producción, la geotermia el 5% y la biomasa 2.5%. El consumo de la biomasa puede

alcanzar los 685 petajulios (PJ), que representaría un tercio del uso total de las energías renovables. (IRENA, Renewable Energy Prospects: México, 2015)

### 3.2.1 Políticas Enfocadas a las Energías Limpias en México

Comparando a México y sus acciones para mitigar el cambio climático con otros países en Latinoamérica, quienes también han establecido varias estrategias para reducir y controlar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), entre ellas implantar nuevas políticas de desarrollo de fuentes de energía renovable; se encuentra que las nuevas políticas se pueden calificar por su densidad e intensidad, la densidad es la cantidad de políticas de un país y su intensidad es la fuerza que tienen para alcanzar objetivos específicos.

Con base en dichas medidas, Estados Unidos tiene las políticas más densas, seguido de Canadá, México, Brasil y finalmente Argentina, pero respecto a Intensidad, Brasil y Canadá tienen mayores resultados, seguidos de Argentina, Estados Unidos y al final México, esto demuestra que, aunque se invierta en aplicar políticas debe existir una coordinación entre el gobierno para que los instrumentos políticos sean eficaces. (Pischke, y otros, 2019)

En junio de 2016, se lanzó una campaña de Contratación corporativa de Energías renovables, impulsada en la reunión de Ministros de Energía Limpia, esta campaña tiene como objetivo que los gobiernos colaboren con socios corporativos y de organizaciones no gubernamentales para facilitar las contrataciones de energías renovables, creando y ajustando políticas que apoyen estas inversiones, es importante establecer que la certidumbre política es esencial para crear mercados estables y benéficos para las energías renovables, y que las decisiones tendrán que evolucionar y adecuarse a las condiciones y resultados de la economía propia de cada país. (Bird, y otros, 2017)

La inversión en energías limpias en México ha enfrentado varios cambios de políticas internas, en el año 2020 se aplicaron políticas para fomentar que la Comisión Federal de electricidad (CFE) regrese a ser el principal proveedor de electricidad en México, por lo que, las empresas privadas han tenido dificultades para invertir en proyectos de energía renovable en grandes dimensiones.

En abril de 2020 el CENACE suspendió las pruebas preoperativas de las plantas eólicas y solares, poniendo en tela de juicio la generación de energía en estas plantas, que suelen costar menos que las eléctricas convencionales; a principios del 2021 se aprobó una Ley por el congreso y el senado, la cual reforma la Ley de la Industria Eléctrica, esta ley da prioridad a la compra de energía por parte de la CFE por encima de las energías limpias, esta ley fue suspendida definitivamente hasta que se resuelvan los amparos presentados por las empresas privadas. (ITA, 2021)

La nueva Ley de la Industria Eléctrica de México, publicada el 9 de marzo de 2021, incluye los siguientes objetivos:

- Modificar el sistema de despacho eléctrico para favorecer la generación de energía de las plantas de CFE;
- Otorgar los permisos de acuerdo con los criterios de planeación del SEN, los cuales son establecidos por la SENER;
- Establecer que el otorgamiento de los Certificados de Energías Limpias (CEL) no dependerá de la propiedad o fecha de operación comercial de las plantas de generación de energía;
- Eliminar la obligación del Servicio Básico de Electricidad de la CFE de comprar electricidad en subastas;
- Obligar a la Comisión Reguladora de Energía (CRE) a prohibir los permisos de autoabastecimiento que se hayan obtenido mediante actos constitutivos de fraude legal; y
- Revisar el legado y la rentabilidad de los compromisos gubernamentales con los contratos de capacidad energética.

Respecto al cambio climático y reducción de emisiones, la Secretaría de Energía reitera el compromiso de México por cumplir con los acuerdos de París, para mantener el aumento medio de la temperatura global por debajo de los 2°C, y cumplir con la meta de que México genere el 35% de la electricidad con fuentes limpias en el año 2024.

La SENER en 2020 publicó su Estrategia de Transición Energética, en la que se promueve el uso de Combustibles y Tecnologías Limpias, el principal objetivo de este documento es basar el sector energético en tecnologías limpias y promover el desarrollo sostenible, la productividad y la igualdad social para el año 2050. Un elemento importante para lograr estos objetivos es el compromiso de reducción de emisiones utilizando electromovilidad promoviendo la fabricación y el uso de automóviles híbridos, eléctricos no sólo para particulares si no para sistemas de transporte público en la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey. El Gobierno de la Ciudad de México en 2019, presentó una iniciativa de Ciudad Solar, este proyecto incluye proyectos solares de pequeña y mediana escala. (ITA, 2021)

En México, la incertidumbre regulatoria pone obstáculos a las previsiones de la inversión privada para las energías limpias, contrario a lo sucedido en 2019, se prevé que la capacidad fotovoltaica caiga en casi un 40%, la eólica en 60%, esto debido a la crisis del Covid-19, a la suspensión de las subastas de certificados de energía limpia (CEL), a los problemas por la oposición pública sobre todo en instalaciones eólicas y por la limitada disponibilidad de conexión a la red.

Aun así, y debido a que el objetivo de que el 35% de la electricidad, proceda de fuentes de energía limpias aún es vigente, se tiene una lista de proyectos en desarrollo de más de 3.5 GW de energía fotovoltaica, asignados es subastas anteriores y contratos corporativos, se espera que estos proyectos estén en línea para el 2022 y que los Acuerdos de compra de energía (PPA) de las empresas impulsen compras de energía eólica y adiciones anuales de energía fotovoltaica, sobre todo en transporte, durante 2023-2025; también se espera el desarrollo de aplicaciones solares térmicas para la agricultura (IEA, 2020)

La Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), es ahora llamada como Ley de Transición Energética (LTE), fue la ley que sustentó la creación del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE) cuyo objetivo es promover la utilización, el desarrollo y la inversión de las energías renovables y la eficiencia energética, en todas las actividades productivas, domésticas, comerciales, industriales y agropecuarias.

El Fondo está integrado por un comité Técnico, encargado de acordar y asignar los recursos a los proyectos que cumplan con los objetivos de la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, este comité está integrado por representantes de la SENER, SHCP, SAGARPA, SEMARNAT, CFE, IMP, INEEL, CONACYT y CONUEE. (SENER, Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, 2021)

México ya no es la potencia petrolera que fue en los años 70 y 80, y la utilización de los combustibles fósiles ha demostrado causar graves daños a la salud de la población e impiden el cumplimiento de los compromisos internacionales en mitigación y combate al cambio climático.

### 3.3 Situación de PEMEX

En Petróleos Mexicanos se reconoce el impacto que tienen sus procesos hacia el medio ambiente, se han implementado estrategias para el cuidado y protección de la población, la flora y la fauna, en respuesta a la afectación generada por la operación natural de la empresa y adecuándose a las leyes y situación del país en todo momento.

#### 3.3.1 Antecedentes

La conformación actual de Pemex es el resultado del conjunto de factores que han afectado su visión y misión para el país, empezó en 1938 siendo constituida como una empresa para el aprovechamiento y abasto de gasolinas en el país. En 1962 fue el primer año en que Pemex operó sin pérdidas, pero empezó a tener problemas en 1966 la baja producción de crudo y el aumento de la demanda la obligaron a importar gasolinas.

El descubrimiento de Cantarell en 1971 representa un punto de quiebre, el cual orientó a la empresa hacia una vocación nacional y no empresarial, en 1974, México regresó a los mercados internacionales como un exportador neto de crudo; más adelante en los años ochenta, se adoptaron políticas neoliberales y Pemex enfrentó la introducción de métodos de gestión privada, a principios de los noventa, se le intentó dar un enfoque más económico que político

En 1996 se profundizó su papel de soporte financiero del gobierno, en 2004 inicia el declive de la producción de Cantarell lo que llevó a que para 2008 la empresa presentara ya varias deficiencias, mismas que propiciaron y apoyaron la implementación de la reforma energética.

Pemex es el reflejo del *status quo* de momentos políticos, así, en diciembre del 2013, las modificaciones legales de la reforma energética pretendían el crecimiento de la industria petrolera y de la economía nacional, Pemex dejaría de ser monopolio y tendría competencia, el desempeño de Pemex estaría sujeto entonces a su capacidad de modificar sus problemas estructurales, su autonomía de gestión, autosuficiencia financiera y su capacidad para establecer asociaciones con otras compañías. (Romo, 2015)

### 3.3.2 Contexto Actual y COVID19

Pemex ha sido un monopolio estatal, que por diversas decisiones y abusos en su manejo ha dejado de ser una fuente de ingresos netos importantes para el país, actualmente el gobierno le bajó los impuestos y aumentó sus subsidios, el mismo director afirma que atraviesa por la peor crisis de su historia, su deuda en 2020 era de aproximadamente 113 mil 200 millones de dólares, lo que la convierte en la petrolera más endeudada del mundo, con una disminuida capacidad de pago. (Pazos, 2021)

A causa de la pandemia, la crisis en Pemex se ha agudizado, a pesar del apoyo del gobierno, la caída de la producción, el declive de pozos y la baja en ventas continúa, en 2020 se produjo en promedio 1.6 MBD, el nivel más bajo registrado en 40 años, en ese mismo año, se importó el 70% de la gasolina consumida en el país y la producción cayó en 9.6% respecto al año previo, la menor producción desde 1993.

En abril de 2021, el precio de la mezcla mexicana cotizó en menos de 2.3 dólares por barril, lo que obligó a Pemex a detener la comercialización de crudo desde un día antes y México acordó reducir la producción en 100 mil barriles diarios para detener la caída de precios del crudo en el mundo por la pandemia; el Gobierno federal recibió 2,380 millones de dólares por coberturas petroleras, lo que ayudó a mitigar en parte, la caída de los ingresos petroleros.

La situación de la empresa es grave, no se ha realizado exploración por lo que no se renuevan las reservas, el dinero inyectado por el gobierno a la empresa, se ha destinado al pago de deuda y no a la inversión, la turbulencia del mercado y los problemas internos no ayudan a la situación de Pemex. (Suárez, 2021)

### 3.3.3 Objetivo y Metas

Actualmente, el objetivo general de Pemex es generar valor económico y maximizar la renta petrolera para el Estado mexicano, su actividad está alineada al Rescate del sector energético bajo los principios de austeridad, honestidad y combate a la corrupción. Recibe el apoyo del país ante la coyuntura del mercado internacional y los efectos de la pandemia por ser un punto estratégico en el objetivo de alcanzar la soberanía energética en el país.

Entre sus metas para 2021, Pemex atenderá la operación, distribución y comercialización de sus productos, además de garantizar que se mantenga un incremento en la producción de crudo y gas natural, así como la rehabilitación de las refinerías, de las plantas de producción de fertilizantes y la construcción de Dos Bocas. Con dichas acciones se pretende incrementar la producción del SNR en aproximadamente 173 mbd de gasolinas, 125 mbd de diésel de ultra bajo azufre, 9.4 mbd de propileno, 9.3 mbd de LPG, 1,128 T/d de Azufre y 8,400 T/d de coque y se estima que Pemex logrará una producción de 1,944.4 miles de barriles diarios y 5,623.2 millones de pies cúbicos de gas natural, bajo el enfoque de responsabilidad social que contribuyan en la disminución de los riesgos al personal, la sociedad y el medio ambiente. (SHCP, Política de Gasto del Ejecutivo Federal, 2021)

### 3.3.4 Régimen Fiscal en Pemex

Desde de sus inicios y hasta 2014, los derechos e impuestos que pagaba Pemex, se aplicaban sobre los ingresos esperados, tomando como base un precio de exportación proyectado del crudo, se aplicaban tres tasas de derechos y dos impuestos, estos cinco atributos, se agrupaban en el Derecho sobre Hidrocarburos, cuya tasa era del 60.8% sobre las ventas, sin embargo el IEPS se ajustaba dependiendo de la Producción, lo que hacía que Pemex terminara pagando incluso a veces más del 100% de sus ingresos (Sandoval, 2019). El régimen fiscal de Pemex era el siguiente:

- DEP: Derecho sobre Extracción de Petróleo.
- DEEP: Derecho Extraordinario sobre Extracción de Petróleo.
- DAEP: Derecho Adicional sobre Extracción de Petróleo.
- IEPS. Impuesto Especial sobre Producción y Servicios.
- IRP: Impuesto sobre los Rendimientos Petroleros.

A partir del 2015, cuando entra en vigor un nuevo régimen fiscal para Pemex, derivado de la reforma energética, Pemex tributa los derechos e impuestos aplicables a las asignaciones otorgadas en la Ronda "0", así como por los impuestos relacionados con Contratos de Exploración y Extracción (CEE) (Diputados, Ley de Ingresos sobre Hidrocarburos, 2019). El régimen Fiscal actual de Pemex es:

- DUC: Derecho por la utilidad compartida. Este se calcula multiplicando la tasa autorizada por el valor de hidrocarburos extraídos en el ejercicio fiscal, menos las deducciones permitidas en la Ley de Ingresos sobre Hidrocarburos
- DEXTH: Derecho de extracción de hidrocarburos. Este se calcula multiplicando la tasa variable por el valor del hidrocarburo de que se trate.
- DEXPH: Derecho de exploración de hidrocarburos. Se aplica una cuota por kilómetro cuadrado de asignación del campo que no se encuentre en la fase de producción.

- IAEEH: Impuesto por la actividad de Exploración y Extracción de Hidrocarburos. Se aplica una cuota mensual por kilómetro cuadrado que comprenda el área contractual o el área de asignación del campo en producción.

Antes del cambio fiscal, Pemex operaba principalmente con el presupuesto que le otorgaba el gobierno federal, ya que un gran porcentaje de sus rendimientos, se pagaban como impuestos, con el nuevo régimen el porcentaje de impuestos ha disminuido conforme el paso de los años, siendo de 67% en 2014 a 55% en 2015, 45% en 2016, 44% en 2017, en su último informe el director general de Pemex especificó que el porcentaje que paga Pemex en impuestos respecto a sus ingresos totales es de 20.1% aproximadamente. (Tapia, 2021), con estos nuevos ingresos, Pemex ha financiado varios proyectos como la nueva Refinería de Dos Bocas y la compra de la Refinería Deer Park, entre otros.

### 3.3.5 Riesgo Financiero y Previsiones

Existen 3 principales agencias de calificación de riesgo, su tarea consiste en la evaluación y calificación de productos financieros, así como toda clase de activos económicos pertenecientes a empresas o Estados soberanos, en otras palabras, califican la posibilidad de que un deudor no pague frente a sus obligaciones de pago.

Estas empresas son Moodys, Standard & Poor's y Fitch Ratings, entre las tres, acumulan una cuota de mercado del 95%, los inversores exigen que los títulos que compran tengan un rating por parte de alguna de estas 3 agencias, es un requisito del mercado para las empresas que quieren obtener financiación a través de los mercados de deuda. (Álvarez M. M., 2019)

La mayor nota que dan estas tres agencias es la triple A (AAA), que significa la mayor calidad y solvencia, la menor calificación sería la D, las tres agencias califican igual, aunque Moody's utiliza también letras minúsculas para degradar diferentes situaciones de insolvencia, además la calificación indica la perspectiva que puede ser positiva, negativa o estable. Una consideración para tener en cuenta es que una calificación inferior a BBB-, se considera "bono basura" y por encima de ella se considera "grado de inversión".

Estas calificadoras han suscitado un cierto margen de desconfianza, dado que son las propias empresas quienes pagan a las agencias para que analicen su solvencia, además, estas agencias son propiedad de empresas privadas, no existe una agencia importante a nivel internacional financiada con fondos públicos. La Comisión Investigadora de la Crisis Financiera de Estados Unidos, calificó a las agencias de “facilitadores clave de la crisis financiera”, el hecho de que las 3 más importantes sean de origen estadounidense, llevó a que la canciller alemana, Ángela Merkel, propusiera la creación de una agencia calificadora europea. (Singular, 2015)

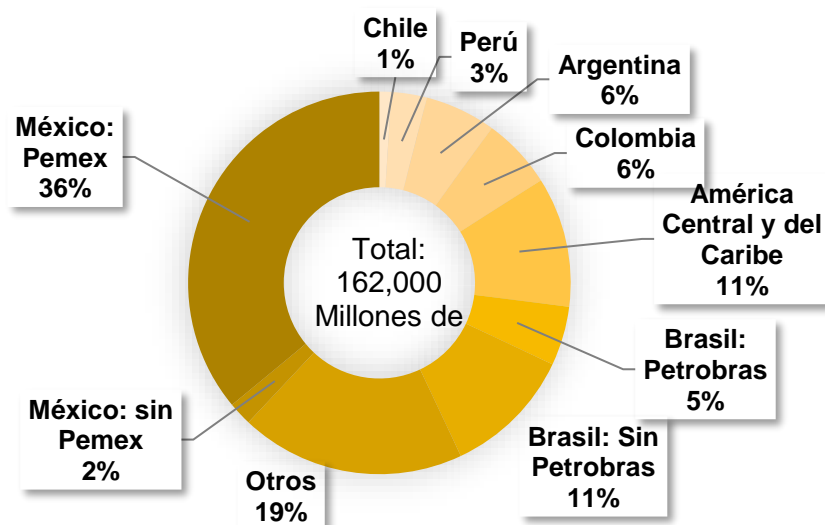
La contingencia por la pandemia del COVID causó una baja en la demanda de petróleo a nivel global, además a principios de 2020 se registró una guerra de precios al interior de la OPEP, causando un colapso de precios de los hidrocarburos lo que propició a una reducción en las calificaciones financieras de varias compañías petroleras, las degradaciones de Moody's fueron las más fuertes, 33 empresas cayeron hasta dos niveles en su calificación.

Para Pemex, Moody's rebajó su calificación en dos escalones desde “Baa3” a “Ba2-” y Fitch recortó su calificación de “BB” a “BB-“, S&P mantuvo la calificación en “BBB-“, para S&P Pemex conserva aún su “grado de inversión”, aunque para las otras 2 calificadoras, los bonos de la compañía se catalogaron como basura. (Mentado, 2020)

Moody's calcula que Pemex cerrará 2021 con un flujo negativo por 8,000 millones de dólares, a pesar de los apoyos que recibe del gobierno, su nivel de endeudamiento es mayor y su calificación crediticia es débil, esto se debe su alta carga de impuestos, a los vencimientos de deuda que tiene que pagar en el corto plazo, una baja inversión en la exploración y producción y la baja confianza que genera dirigir el negocio hacia la refinación, es decir, a la rehabilitación de sus 6 refinerías, a la construcción de Dos Bocas y la compra de la mitad Deer Park. Pemex no tiene recursos para generar flujo de efectivo, por su nivel de deuda que asciende a 113,957 millones de dólares, en tanto, su capital será financiado con deuda y no con recursos propios, con ello Pemex se mantendrá como la petrolera más endeudada del mundo. (García K. , 2021)

En la Gráfica 3.3 se observa que la deuda que tiene Pemex representa el 36% del total de la deuda de alto riesgo en América Latina, superando por mucho a la deuda de los demás países en incluso la deuda total que tiene México en otros rubros.

Gráfica 3.3 Total de Deuda de Alto riesgo en América Latina  
(Participación Porcentual)



Fuente: Moody's Inverstor Service (Economista, 2021)

### 3.4 Impacto Ambiental de Pemex

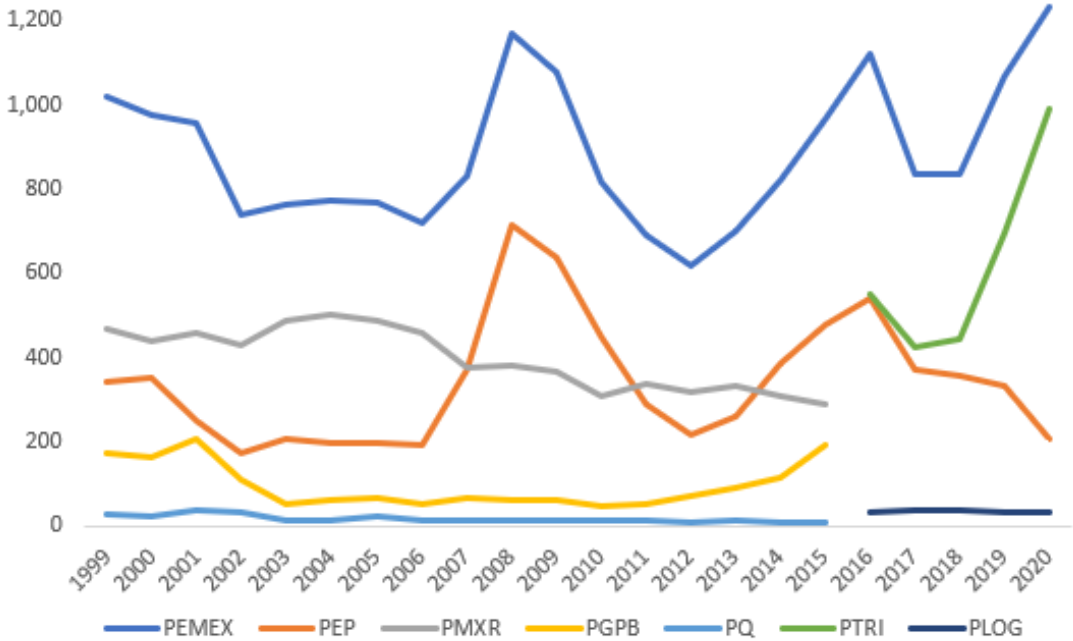
En 2020, Pemex reportó en su informe anual, que la emisión de dióxido de carbono equivalente, resultado de sus actividades productivas, fue de 105 millones de toneladas, esto es un aumento de 12.75% respecto a 2019.

Las actividades que emiten una mayor cantidad de gases contaminantes son la producción de crudo, y la refinación, la tendencia al alza en 2020 coincide con la apuesta de subir la capacidad de las refinerías y la producción de gasolinas. Pemex tenía en 2019 el objetivo de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 25% para el 2020, meta que no pudo cumplirse. (Nava, Pemex eleva a máximos la emisión de gases contaminantes, 2021)

En la Gráfica 3.4 se observa cómo las emisiones de contaminantes atmosféricos de Pemex en su conjunto se han mantenido en un promedio de 887,056 toneladas desde 1999 hasta 2020, alcanzando un máximo de 1,231,838 toneladas en el 2020. La tendencia de la contaminación de la empresa hasta 2016 estaba marcada por Pemex Exploración y Producción, sin embargo, de 2016 a 2020 la tendencia en contaminación la marca Pemex Transformación Industrial.

Transformación Industrial agrupa las seis refinerías, por otro lado, Pemex Exploración y Producción es encargada de la extracción de crudo; a pesar de que la producción se ha mantenido estable, las emisiones de gases contaminantes aumentaron. Este aumento es el resultado de una disminución en la inversión para el mantenimiento de los equipos de refinación , así como a la quema de gas que no puede ser aprovechado, Pemex en el año 2020 disminuyó el presupuesto destinado a acciones contra el medio ambiente en un 74.65% en este rubro se encuentran las inversiones relacionadas con la modernización de instalaciones, sistemas para el control de la contaminación atmosférica, y los equipos para el control de derrames petroleros. (Nava, Pemex aumenta su deuda con el medio ambiente, 2021)

Grafica 3.4 Emisiones de Contaminantes Atmosféricos en los Procesos de Producción de Hidrocarburos de PEMEX (Miles de Toneladas)

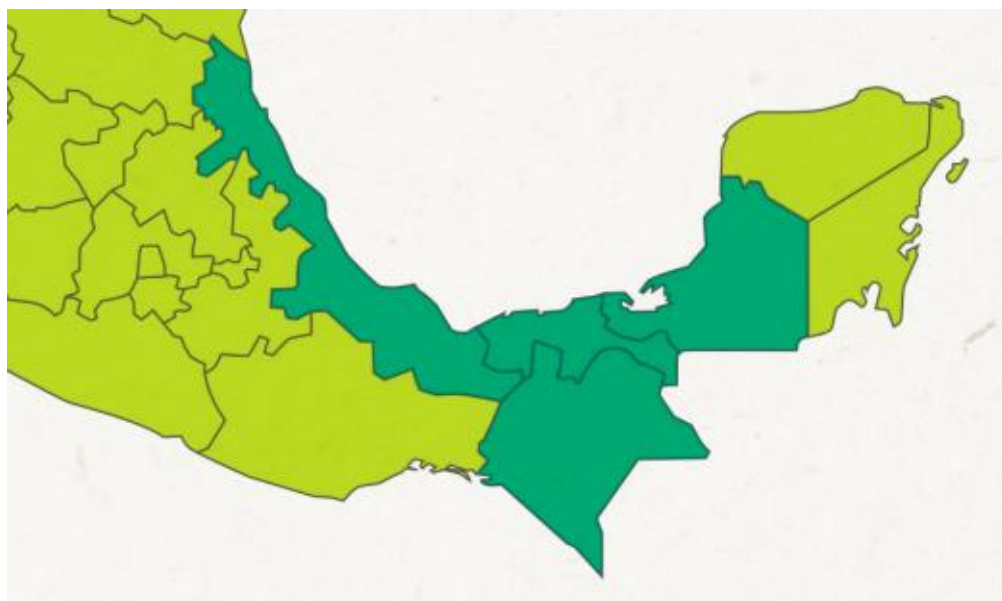


Fuente: Petróleos Mexicanos; Informe de Salud, Seguridad y Medio Ambiente (PEMEX, Histórico de Informes, 2021)

\*PEP: Pemex Exploración y Producción, PMXR: Pemex Refinación, PGPB: Pemex Gas y Petroquímica Básica, PQ: Pemex Petroquímica, PTRI: Pemex Transformación Industrial, PLOG: Pemex Logística

En la Figura 3.5 se muestra la Región Golfo de la República Mexicana, es en esta región donde se observan los niveles altos de contaminación por metano, principalmente en las instalaciones de plantas de hidrocarburos, situadas en Chiapas, Tabasco, Veracruz y la costa de Campeche, estas emisiones proceden principalmente de la quema de gas natural no utilizado.

Figura 3.5 Región Golfo de la República Mexicana



Fuente: Environmental Defense Fund (Zabala, 2021)

Dicha situación, además de la contaminación representa una pérdida de recursos energéticos por 100 mil millones de pies cúbicos, aproximadamente 4,000 millones de pesos. El complejo procesador de gas Nuevo Pemex, genera la mayoría de las emisiones de metano de la región Golfo, en esta región, alrededor del 80% de la producción nacional de petróleo. (Zabala, 2021)

Pemex no sólo es el mayor emisor de Metano, sino que también concentra los puntos más contaminantes de dióxido de Azufre a nivel mundial, el complejo Cantarell y las refinerías, son los puntos de emisión más críticos, lo que demuestra la necesidad de estándares de emisión más estrictos. (Simón, 2019)

Greenpeace publicó un reporte en 2019 con las 423 instalaciones con mayores emisiones de Dióxido de Azufre a nivel mundial, en la Tabla 3.6 se enlistan las instalaciones de Pemex, su lugar en el reporte y el total de sus emisiones, Cantarell se encuentra en el número 6 con 461 Kt de S02 al año, en el lugar 419 se encuentra la Refinería de Minatitlán, con menos de 1 Kt de S02 al año.

Tabla 3.6 Puntos Críticos de Emisiones & Fuentes (2018) para SO2 Identificados por el SMO (Satélite Aura de la NASA)

<b>Posición</b>	<b>Nombre</b>	<b>SO2 (Kt / año)</b>
6	Complejo Cantarell	461
59	Refinería Tula	136
65	Refinería Salina Cruz	129
188	Refinería Cadereyta	41
219	Refinería Salamanca	35
246	Refinería Madero	28
419	Refinería Minatitlán	0

Fuente: Green Peace, (GreenPeace, Base de datos de puntos críticos de emisiones globales de SO2, 2019)

Petróleos Mexicanos fue miembro activo de la Oil and Gas Climate Initiative (OGCI) desde octubre de 2017 hasta diciembre de 2020, esta organización internacional incluye a las principales petroleras quienes representan más del 30% de la producción mundial de petróleo y gas, establecida en 2014 tiene como objetivo acelerar la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de sus empresas miembro, Pemex no ha abandonado OGCI, sin embargo, no ha participado activamente en las iniciativas recientes, el informe más reciente del grupo muestra que el crecimiento en inversión en iniciativas ecológicas está disminuyendo, la empresa India Reliance Industries Ltd, también dejó la OGCI en 2018. (Rathi, 2020)

La información sobre sostenibilidad, empieza a ser importante debido a que los modelos de negocio están más expuestos a problemas sociales y de medio ambiente; así como, a la regulación relacionada con el cambio climático, los inversionistas y acreedores necesitan información que les permita evaluar a las empresas y su impacto a largo plazo, el criterio de sostenibilidad medioambiental, social y desde la gobernanza ESG (Environmental, Social and Governance) hace referencia a tres factores para evaluar la sostenibilidad de una inversión: medioambiente, social y de gobierno.

El factor medioambiental analiza la contribución y el rendimiento de un negocio en cuanto a los desafíos del medioambiente, como lo son residuos, contaminación emisión de GEI, deforestación y cambio climático. El factor social evalúa cómo la empresa gestiona el capital humano, la diversidad e igualdad de oportunidades, condiciones laborales, seguridad y salud, y el factor de gobierno examina la gestión de la empresa, sueldos de directivos, prácticas, estrategias fiscales, corrupción y estructura, un ESG mayor a 50 puntos puede reflejar que la empresa enfrenta obstáculos severos para el manejo de riesgos ambientales y/o sociales. (Álvarez C. , 2021)

Pemex es una de las petroleras con mayor puntuación de ESG a nivel mundial, ha sido calificada en 2021 en el rango de “riesgo severo”, la mayor escala de 5 posibles, en comparación a empresas similares. En la Tabla 3.7 se muestra cómo Pemex ha recibido 56.7 puntos, lo que la coloca en 3er lugar, rebasada por la china Guanghai Energy y la estadounidense Parsley Energy, con de 59.7 y 57.3, respectivamente. (Moreno, 2021)

Tabla 3.7 Empresas Calificadas con las Métricas de Riesgo ESG más altas (+50 puntos)

<b>Empresa</b>	<b>Nacionalidad</b>	<b>Indicador ESG</b>
Guanghai Energy	China	59.7
Parsley Energy	Estados Unidos	57.3
<b>Pemex</b>	<b>México</b>	<b>56.7</b>
WPX Energy	Estados Unidos	56.4
Continental Resources	Estados Unidos	55.6
PetroChina	China	55.6
Oil and Natural Gas Corporation	India	53.6
Cimarex Energy	Estados Unidos	52.1
China Petroleum & Chemical	China	51.7
Saudi Arabian	Arabia Saudita	50.5
Diamond Back Energy	Estados Unidos	50.1

Fuente: Sustainalytics (Moreno, 2021)

Pemex fue invitado en agosto del 2020 al grupo *Climate Action 100+*, este grupo fundado en 2017, cuenta con 167 empresas fundamentales para la disminución de emisiones en el planeta, Inversores de todo el mundo participan en este grupo, impulsando el compromiso, desarrollando e implementando estrategias de compromiso, específicas de cada empresa, en este proceso cada empresa cuenta con apoyo para facilitar las reuniones de la iniciativa, reciben asistencia técnica y oportunidades para mejorar las habilidades de participación, a fin de implementar un marco de gobernanza sólido sobre el cambio climático, garantizando que los compromisos sean efectivos. En este grupo participan 39 empresas petroleras como BP, Valero, Repsol, Chevron, Equinor, Exxon, PetroChina y Petrobras. Hasta el momento, Pemex no ha confirmado su participación, pero su invitación continúa abierta. (Jessop & Eschenbacher, 2020)

#### 3.4.1 Acciones de Pemex para Combatir la Contaminación

En 1984 a raíz del accidente en San Juanico, se lanzó una fuerte crítica sobre Pemex, su responsabilidad y el medio ambiente. La conversión de Pemex de una industria básica a la razón de ser del presupuesto federal explica en gran medida por qué la ecología es, en lo básico, un asunto ajeno.

Las campañas ecológicas no resultan tan persuasivas mientras se anuncie que los peligros se remiten al año 2000, el atropello ecológico y humano que resulta de las operaciones de Pemex, en lagos, océanos, especies, derechos humanos y el grave envenenamiento de la atmósfera, han sido muchas veces señaladas y poco escuchadas, así la respuesta ante estos cuestionamiento rinde culto al Progreso: “Escojan, o Pemex o el cuidado de la ecología; ¿les gustaría disfrutar de un aire purísimo, pero en chozas y cavernas?, quien quiera vivir en una nación moderna, que no lllore por la contaminación ambiental”. (Monsiváis, 1985)

El 22 de enero de 1991, en la Refinería 18 de marzo ubicada en Azcapotzalco se presentó una fuga de gas en los conductos de residuos esto ocasionó una gruesa columna de humo que durante horas cubrió las delegaciones Gustavo A. Madero y Azcapotzalco, causando pánico entre la población, toda la planta fue cerrada, y más tarde Pemex informó que el incidente se debió a una saturación de gasolina líquida en su planta de destilación, el combustible extra fue enviado a los quemadores, eliminando el riesgo de un accidente mayor, pero causando grandes emisiones de contaminantes, principalmente partículas de bióxido de Carbono. (Zavaleta & Camarena, 1991)

El 18 de marzo de 1991, en un comunicado, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) informó que, por instrucciones de presidencia, se inició el proceso de Clausura de las operaciones industriales de la Refinería de Azcapotzalco, con la finalidad de evitar sus emisiones contaminantes, esta clausura se llevó a cabo mediante lo dispuesto en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente. (Vargas, 1991)

Desde 1999 Petróleos Mexicanos publica su informe de Seguridad, Salud y Medio Ambiente, el cual plasma la convicción de que, sin una exploración racional, ningún recurso puede conducir a un desarrollo sustentable, no es permisible fincar proyectos de desarrollo en el riesgo de la devastación, este informe ha evolucionado y hoy en día se conoce como Informe de Sustentabilidad.

La información contenida en dichos informes es verificada por terceros independientes, lo que fortalece la transparencia; desde su primera publicación, Pemex ha creído en la responsabilidad que representa la empresa en materia ambiental, social y económica, siendo la protección ambiental y el uso eficiente de los recursos no sólo son un mandato legal y un imperativo ético, sino un factor de competitividad que genera ahorros y ganancias y que permite conservar el patrimonio natural de todos los mexicanos. (PEMEX, Pemex Informes Etica y Transparencia, 2021)

### 3.4.2 Pemex Sustentable

En su informe de sustentabilidad 2019 (PEMEX, Histórico de Informes, 2021), Petróleos Mexicanos indica que su principal objetivo establecido en el Plan de Negocios 2019-2023 es incrementar su producción procurando reducir sus emisiones, para de esta forma alinear sus estrategias a la Contribución Nacionalmente Determinada por México en el marco del Acuerdo de París, para mantener el incremento de la temperatura global en este siglo, por debajo de los 2°C.

Las estrategias para lograr estos objetivos son:

- a. Aprovechamiento de gas asociado en la extracción de hidrocarburos.
- b. Detección y Reparación de fugas de gas a lo largo de la cadena productiva.
- c. Reducción de emisiones de metano en ventaneos y otras fugitivas.
- d. Implementación de sistemas de gestión energética.
- e. Actualización de inventario de emisiones, para mejorar el monitoreo, reporte y verificación de gases de efecto invernadero.
- f. Reducción de emisiones de bióxido de azufre en Pemex Transformación industrial mediante el plan de rehabilitación de sus refinerías, el cual incluye el mantenimiento a sus plantas de azufre.
- g. Actualización de mapas de vulnerabilidad a los efectos del cambio climático de las instalaciones y centros de trabajo prioritarios de Pemex.
- h. Monitoreo perimetral de la calidad del aire en las instalaciones que tienen influencia sobre centros urbanos, asegurando que los contaminantes se encuentren dentro de los límites permisible.
- i. Colocación en el mercado de gasolina y diésel con ultra bajo azufre (UBA), en 2019 el 93% de las gasolinas y 57% del diésel producidos, fueron UBA.
- j. Aprovechamiento de la energía eléctrica y vapor, proveniente del proyecto de cogeneración Nuevo Pemex

Estrategias de Pemex adicionales en pro del medio ambiente:

- a. Reducción del índice de uso de agua.
- b. Incremento el reúso de agua en refinerías
- c. Reducción del pasivo ambiental a través de la atención de sitios afectados por el derrame de hidrocarburos.
- d. Implementación de estrategias de prevención de derrames, a través de la seguridad e integridad de la infraestructura y sus procesos.
- e. Mejora del desempeño energético.
- f. Reducción la generación de residuos, maximizando el uso y aprovechamiento de los recursos.
- g. Promoción sobre el cuidado de los ecosistemas
- h. Conservación de los servicios ambientales que prestan los parques ecológicos Jaguaroundi y Tuzandépetl, dedicados al cuidado de las especies en las cuencas donde opera Pemex.
- i. Implementación del Sistema de Gestión de la Energía
- j. Utilización de sistemas fotovoltaicos que suministran energía a equipos de comunicación, seguridad y control en plataformas marinas no tripuladas.

En el año de 2015, Pemex firmó seis contratos para la adquisición de etanol anhidro, Petróleos Mexicanos suscribió hoy seis contratos para la adquisición de etanol anhidro generado a partir de caña de azúcar y sorgo, se utiliza en 6 terminales de almacenamiento y reparto de gasolinas, como parte del proceso de elaboración de gasolinas, con el fin de reducir las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero (PEMEX, Suscribe Pemex contratos para la adquisición de etanol anhidro, 2015).

Actualmente, una alternativa para lograr el octanaje en las gasolinas sería el uso de bioetanol de segunda generación, fabricado a partir del rastrojo de maíz, lo cual no afectaría la producción de la caña de azúcar y el sorgo para el consumo de la población. La producción es técnicamente viable, y aunque el costo de producción aún no es competitivo en comparación con el precio de importación y utilizando incentivos fiscales, su producción para Pemex, es factible (Bautista, Ortiz, & Álvarez, 2021).

En virtud de que el petróleo y el gas continúan proporcionando más de la mitad de la oferta energética del país, para Pemex la reducción de gases de efecto invernadero no está sujeta a una menor producción, sino en una mayor eficiencia ambiental y energética.

Cabe mencionar que Petróleos Mexicanos indica en este informe, que en 2019 la empresa no utilizó deuda como fuente de financiamiento para cubrir el déficit financiero ni para financiar proyectos de inversión, si no que se llevó a cabo un proceso de refinamiento con un monto cercano a los 36 mil millones de dólares, finalmente es importante destacar que en 2019 se estabilizó la producción de petróleo, se incrementó la inversión en exploración y producción y se redujo el robo de combustibles.

### 3.4.3 Cogeneración en Pemex

Petróleos Mexicanos, es un organismo descentralizado al que se le otorgaron facultades para que pueda cogenerar energía eléctrica y vender sus excedentes a la Comisión Federal de Electricidad.

Cogenerar significa transformar un tipo de energía en al menos dos diferentes, como energía eléctrica y en energía térmica, en Pemex por ejemplo, los complejos procesadores de Gas requieren vapor y electricidad, antes de la Cogeneración se producían por separado con una turbina para generar electricidad utilizando más Gas Natural y a parte se tenían Calderas que producían calor también con Gas Natural; ahora con la cogeneración se utiliza un mismo gas natural y se produce vapor y electricidad.

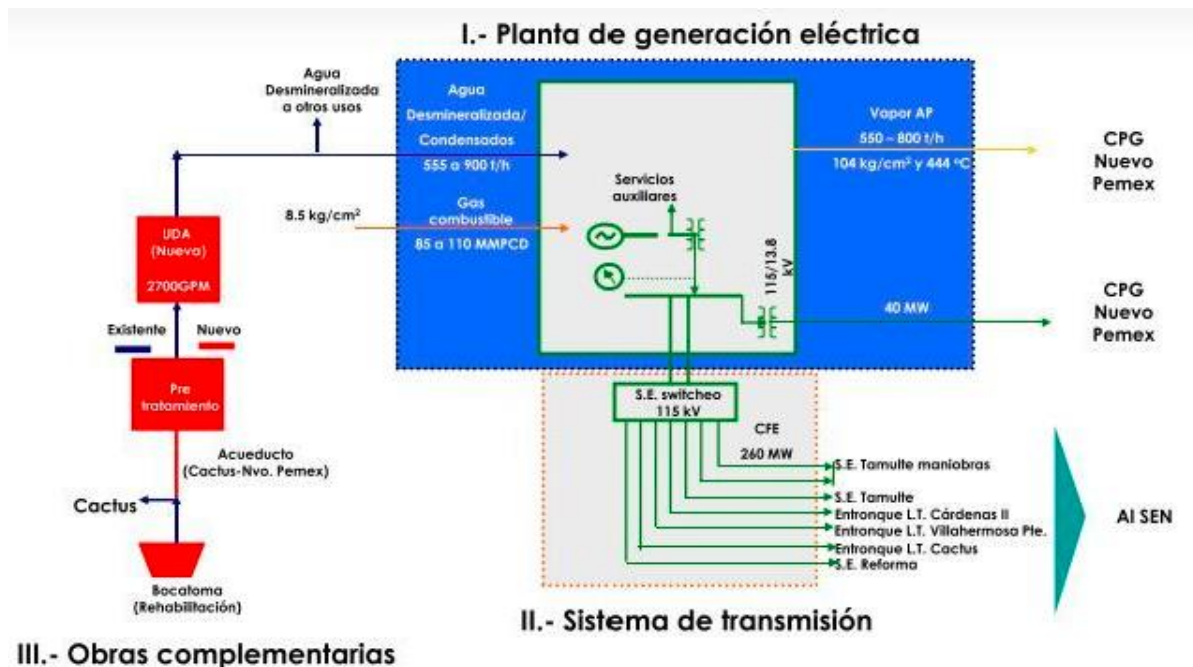
La Planta de cogeneración eléctrica del Centro Procesador de Gas Nuevo Pemex, con una capacidad de 300 MW/h equivalentes al 14.0% de la capacidad total instalada de generación eléctrica en PEMEX y 550-800 Ton/h de vapor, fue puesta en servicio en 2013, esta planta de cogeneración de vapor y electricidad es capaz de transformar el agua desmineralizada de estado líquido a vapor; y el gas natural en energía eléctrica, estos se integran al Complejo Procesador de Gas Nuevo Pemex, y se estima que tenga una vida útil, hasta el 2033.

Atiende el suministro de 190 centros de trabajo y permite un ahorro superior a U.S.\$150 millones por año, adicionalmente, sustituye equipos de menor eficiencia o que se encuentran al final de su vida útil, disminuyendo las de emisiones de gases de efecto invernadero en más de 7 millones de toneladas de dióxido de carbono por año. (Fernández M. M., 2020)

En 2019, la Comisión Federal de Electricidad en conjunto con Petróleos Mexicanos planearon la instalación de seis centrales de cogeneración que serán construidas en las refinerías, así como en el complejo petroquímico de Cactus, se prevé una generación de 4 mil 392 mega watts de energía, estas plantas serán alimentadas por gas, e incluso se piensa en combustibles renovables como biogás, su puesta en marcha se estima a más tardar en el año 2024. (González N. , 2019)

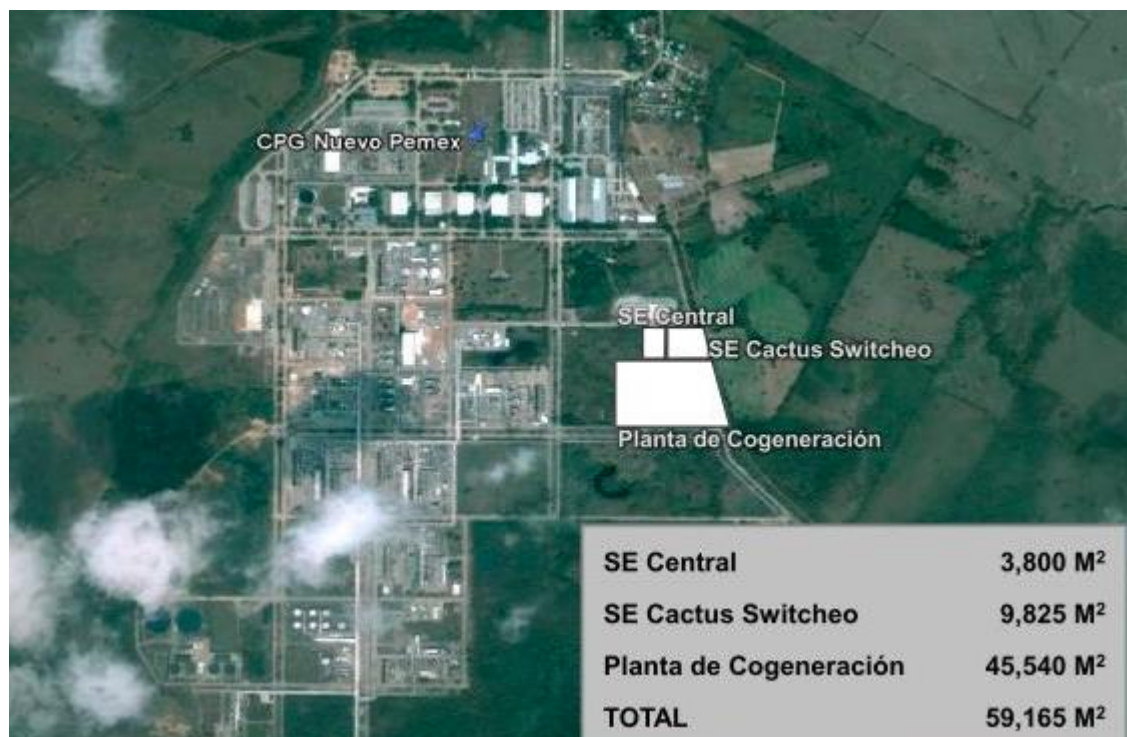
En la Figura 3.8 se observa el esquema del proyecto inicial de Cogeneración para Nuevo Pemex, y en la Figura 3.9 se observa el área para la instalación del proyecto; ambos fueron presentados por Pemex en octubre de 2010. (PEMEX, Proyecto de Cogeneración en Nuevo Pemex, 2010)

Figura 3.8 Esquema del Proyecto de Cogeneración en Nuevo Pemex



Fuente: Pemex, (PEMEX, Proyecto de Cogeneración en Nuevo Pemex, 2010)

Figura 3.9 Instalaciones del Proyecto de Cogeneración en Nuevo Pemex



Fuente: Pemex, (PEMEX, Proyecto de Cogeneración en Nuevo Pemex, 2010)

### Conclusión capitular

Si bien Pemex es una empresa que genera muchos beneficios al país, urge empezar a minimizar su impacto con el cambio climático, utilizando en lo más posible las energías renovables en su cadena de producción.

En el siguiente capítulo se realiza el análisis costo beneficio, la comparación entre dos alternativas de implementación de energía solar en Pemex, sus resultados, conclusiones y recomendaciones para futuras líneas de investigación.

## Capítulo 4. Valuación de la Propuesta

El petróleo deberá seguirse aprovechando, explotando y procesando ya que es un insumo importante no sólo para la elaboración de combustibles, sino también para la manufactura, si bien el petróleo será remplazado en algún momento por otros tipos de energía, será aprovechado hasta que este reemplazo ocurra al 100% o se agote su existencia.

Los procesos de la cadena productiva de los hidrocarburos *per se* contaminan, por lo que, además de tener estrategias para su moderación, se debe identificar los subprocesos susceptibles a la utilización de energías limpias, para de esta forma, minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero y así mitigar los efectos del cambio climático.

Por todo lo anterior, se propone incorporar la energía solar como insumo adicional al gas natural, en el proceso de Cogeneración de la planta Nuevo Pemex, como parteaguas que permita en un futuro utilizar energía solar en otras áreas de oportunidad dentro de Petróleos Mexicanos, como la cogeneración en Refinerías, generación propia de electricidad, climatización de edificios, transporte, etc.

### 4.1 Metodología de Valuación de la Propuesta

Para valorar esta propuesta, se realiza un comparativo del análisis de la relación costo beneficio de la implementación de paneles solares fotovoltaicos y concentradores solares parabólicos en el proceso de cogeneración, en busca de demostrar la utilidad y rentabilidad del uso de la energía solar, además se lleva a cabo un análisis de Sensibilidad que permite conocer el impacto que podría tener en la rentabilidad del proyecto un comportamiento inesperado de alguna variable y un análisis de Riesgos. (SHCP, Metodología de Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Transición Energética en Edificios Públicos, 2019)

El análisis Costo Beneficio (ACB), es una evaluación socioeconómica que considera, los costos y beneficios directos e indirectos generan los programas y proyectos de inversión para la sociedad, incluye el cálculo de los siguientes indicadores: valor presente neto (VPN), que calcula el valor actual neto de una serie de flujos de efectivo futuros a una tasa de interés declarada, la tasa interna de retorno (TIR), que representa la rentabilidad promedio por período generada por un proyecto de inversión, la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) que indica el momento óptimo de inicio de operación de un proyecto de inversión, la Relación Beneficio Costo que se define como la relación entre el valor actual de los beneficios y el valor actual de los costos y el Costo Marginal de Abatimiento de Emisiones de GEI, que es el costo (neto de los beneficios valorables) promedio con proyecto de evitar una tonelada métrica de CO<sub>2</sub>e en comparación a la situación sin proyecto o escenario de referencia. (Benito & Ruiz, 2018)

El análisis de Sensibilidad muestra hasta qué punto se puede desviar una variable para hacer que el proyecto deje de ser conveniente, para los proyectos de transición energética, tres variables son fundamentales: 1. los costos sociales de la energía, 2. el precio social del carbono, y 3. el costo social de las tecnologías. (SHCP, Metodología de Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Transición Energética en Edificios Públicos, 2019)

No sólo es importante valuar los factores económicos, sino también los factores ambientales, si bien se busca mejorar los costos, también se pretende una reducción en las emisiones de GEI, combatir el cambio climático y disminuir la afectación a la salud de la población.

## 4.2 Análisis

La investigación se basa en la hipótesis de que la generación de vapor y electricidad, utilizando energía solar térmica, es viable y traerá beneficios económicos para PEMEX generando ahorro en los gastos de operación y consumo de electricidad; es por esto por lo que se analizan variables climatológicas como la radiación solar y económicas como la inflación y tasas de interés, para esto se sigue la ruta de la Figura 4.1.

Figura 4.1 Esquema de Análisis

Fase 1. Recolección de Información	Fase 2. Cálculos	Fase 3. Análisis de Resultados
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">                     Obtener el consumo mensual de gas, generación eléctrica y generación de calor en la cogeneración                 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">                     Elaborar la Matriz De Impacto Ambiental Antes del Proyecto                 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">                     Analizar la Rentabilidad económica                 </div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">                     Obtener promedios mensuales de radiación solar en Nuevo Pemex                 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">                     Listar los valores Económicos de costo y beneficio                 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">                     Comparar sistemas, económica y ambientalmente                 </div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">                     Obtener el área disponible en Nuevo Pemex para implementar los sistemas                 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">                     Calcular el tiempo de Retorno de la Inversión                 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">                     Realizar recomendaciones basadas en resultados                 </div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">                     Dimensionar el Sistema Fotovoltaico y Solar Térmico                 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">                     Calcular la relación costo-beneficio económico                 </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">                     Calcular los costos de implementación Del sistema fotovoltaico y del sistema Solar Térmico                 </div>		

Fuente: Elaboración Propia, 2021

Para esta etapa se realiza la investigación de la información necesaria para el cálculo Costo/Beneficio, en las páginas oficiales de Petróleos Mexicanos y consultando fabricantes y distribuidores de energía solar, en México y en el extranjero. Así mismo consultando a ingenieros expertos en la cogeneración Nuevo Pemex.

#### 4.2.1 Medición de los Consumos del Sistema Actual

Se consulta, en la página oficial de Petróleos Mexicanos utilizando la Base de Datos Institucional (BDI), el consumo mensual de gas seco destinado a la Cogeneración, desde enero del 2013 hasta diciembre del 2020, en la Figura 4.2, se muestran los promedios mensuales de generación eléctrica y generación de calor, en el proceso de Cogeneración, la información se integra en una hoja de Excel para realizar los cálculos y gráficas (PEMEX, Base de Datos Institucional, 2021).

Figura 4.2 Balance de Gas Seco en Transformación Industrial

PEMEX BDI Base de Datos Institucional

Ir al menú Opciones Graficar Formato Exportar Enviar Imprimir

**Pemex Transformación Industrial**  
**Complejos Procesadores de Gas**  
**Balance de gas seco**  
**Estructura vigente a partir del 1998**  
(millones de pies cúbicos diarios)

OBSERVADO-MENSUAL

Descripción	Unidad	Ene/2021	Feb/2021	Mar/2021	Abr/2021	May/2021	Jun/2021	Jul/2021	Ago/2021	Sep/2021
<b>Origen</b>	MMpod	3,261.007	3,157.235	3,214.413	3,087.423	3,188.859	3,312.172	3,292.418	3,372.364	3,247.078
Oferta de Complejos Procesadores de Gas (1)		2,144.059	2,055.366	2,011.496	1,911.017	2,032.825	2,087.545	2,053.932	2,152.046	2,193.690
Producción		2,139.164	2,036.984	1,993.956	1,903.037	1,997.608	2,077.487	2,046.616	2,146.501	2,193.211
Etano inyectado al ducto de gas seco		4.895	18.382	17.541	7.981	35.217	10.058	7.316	5.545	0.479
Otras corrientes		N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Directo de campos		168.826	186.599	199.313	240.406	235.421	232.651	259.088	254.259	256.666
Gas Natural Olmos		0.654	0.880	0.769	0.719	0.791	0.746	0.754	0.759	0.786
Importación		947.468	914.390	1,002.835	935.281	929.823	991.230	978.644	965.299	795.935
<b>Destino</b>		3,019.154	2,868.089	2,981.733	2,865.641	2,944.494	3,140.825	3,116.185	3,112.247	3,130.005
Consumo Pemex (2)		1,763.932	1,702.718	1,674.323	1,604.164	1,717.720	1,799.357	1,815.825	1,853.680	1,887.981
Ventas a otros organismos subsidiarios		1,565.669	1,519.411	1,492.141	1,443.016	1,518.264	1,549.519	1,565.472	1,610.528	1,643.115
Autoconsumo		198.283	183.307	182.182	161.148	199.456	249.838	250.353	243.152	244.867
Cogeneración		79.117	75.661	89.042	61.173	67.735	74.078	73.538	79.725	80.324

Fuente: Pemex BDI, (PEMEX, Base de Datos Institucional, 2021)

#### 4.2.2 Obtención de Áreas Disponibles para la Instalación del Sistema

El Complejo Procesador de Gas Nuevo Pemex, se localiza en el estado de Tabasco, a 35 kilómetros de la ciudad de Villahermosa, su ubicación se muestra en la Figura 4.3, cuenta con una superficie total de 464 hectáreas. Con ayuda del Google Earth se obtiene su latitud y longitud, además de una imagen plano de la superficie del Complejo, el cual se muestra en la Figura 4.4, con la cual se evaluaron las áreas factibles para la instalación de celdas solares fotovoltaicas y concentradores solares térmicos. (GoogleEarth, 2021)

Figura 4.3 Ubicación del Complejo Procesador de Gas Nuevo Pemex en la República Mexicana



Fuente: Google Maps, (GoogleMaps, 2021)

Figura 4.4 Plano del Complejo Procesador de Gas Nuevo Pemex



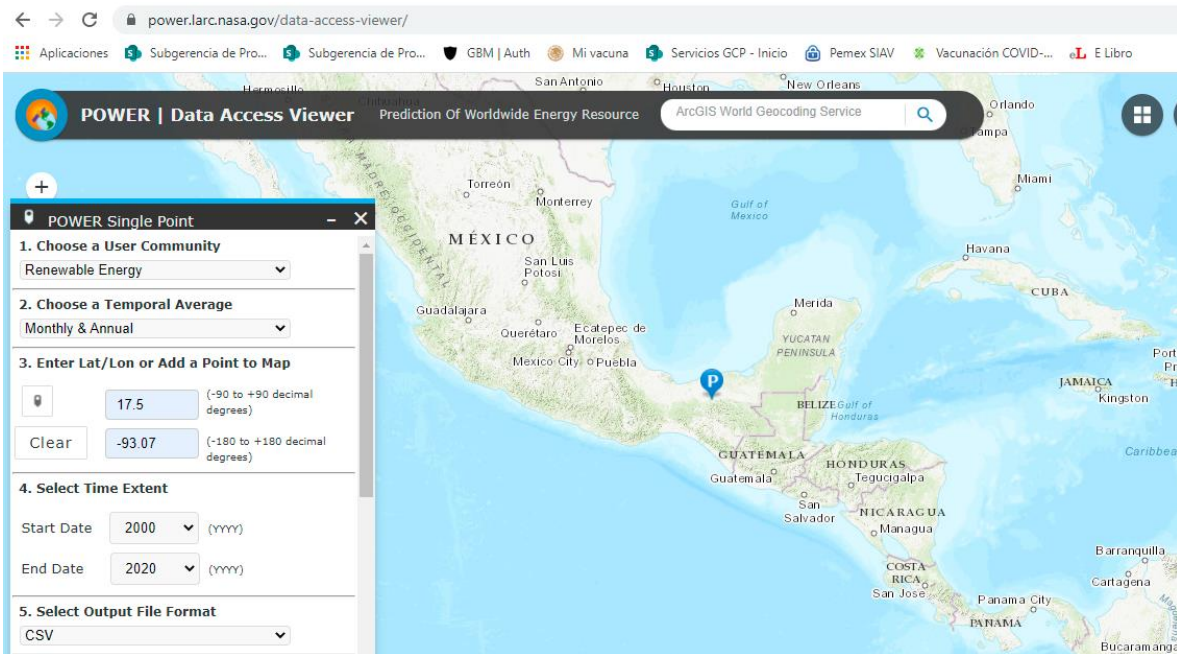


Fuente: Google Earth, (GoogleEarth, 2021)

#### 4.2.3 Obtención de Promedios de Radiación Solar Mensual

Los promedios mensuales de radiación solar en el Complejo Procesador de Gas Nuevo Pemex, se obtuvieron a través de la página Power Data Access Viewer de la NASA, El proyecto POWER proporciona conjuntos de datos solares y meteorológicos de la investigación de la NASA para respaldar la energía renovable, la eficiencia energética de los edificios y las necesidades agrícolas, con el apoyo del Programa de Ciencias Aplicadas de Ciencias de la Tierra de la NASA; se utilizaron las coordenadas del Google Earth del Complejo, latitud 17.5 y Longitud -93.07, y se obtuvo información para el periodo de enero del 2013 hasta diciembre del 2020; la base se registró en una hoja de Excel para los cálculos y gráficas, como se muestra en la Figura 4.5 (NASA, 2021)

Figura 4.5 Obtención de Radiación Solar del Complejo Procesador de Gas Nuevo Pemex



Fuente: Power Data Access Viewer (NASA, 2021)

#### 4.2.4 Dimensionamiento de los Sistemas Solares

Con estos datos, se realiza el cálculo sobre las dimensiones de los componentes, para la instalación de dos sistemas solares, el primero sería un sistema de concentradores que generen calor a una temperatura promedio de 480°C y produzcan entre 550-800 Ton/h de vapor, y el segundo sería un sistema fotovoltaico que genere al menos 300 MW/h, ambos sistemas deben funcionar como un sistema híbrido que ayude al proceso de cogeneración.

Con toda esta información, se procede a realizar cotizaciones de compra e instalación de los sistemas, en las principales distribuidoras de paneles solares en la República Mexicana y en el extranjero, se obtuvo respuesta de dos empresas.

#### 4.2.5 Matriz de Impacto Ambiental

La evaluación del impacto ambiental en México se ha convertido en un instrumento de política ambiental, que se aplica específicamente y tiene incidencia directa en las actividades productivas, esto ha permitido plantear opciones de desarrollo compatibles con la conservación del medio ambiente y los recursos naturales, además de que constituye una herramienta para prevenir, mitigar y restaurar daños ambientales y a los recursos renovables del país; y ha evolucionado con el propósito de prevenir y certificar la viabilidad ambiental de los proyectos. (José, 2017)

Para este proyecto se seleccionó la metodología EPM-Arboleda, este fue desarrollado por la Unidad de Planeación de Recursos Naturales de las Empresas Públicas de Medellín en el año 1986, este método ha sido aprobado por entidades internacionales como el Banco mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Arboleda establece que la matriz EPM se divide en tres etapas (Arboleda, 2008):

1. **Desagregación del proyecto en sus componentes.** Para la propuesta, se divide el proyecto en tres sistemas: cogeneración, solar térmica y solar fotovoltaica, se realiza una matriz para cada sistema dividida en tres etapas: construcción, operación y abandono.
2. **Identificación de los impactos.** Se identificaron los impactos que podría generar cada proceso, utilizando un método de valoración que permitió determinar la magnitud de la relación proyecto-ambiente. Este método se compone de un proceso secuencial que permite identificar los impactos: Acción, que es el conjunto de actividades necesarias para ejecutar el proyecto; Efecto, que es el proceso físico, biótico, social, económico o cultural que puede ser activado, suspendido o modificado por una acción dentro del proyecto y que puede cambiar o alterar la dinámica de los ecosistemas; e Impacto, que es el cambio o resultado final que se produce en el medio ambiente, este puede ser benéfico o perjudicial.

3. **Evaluación de Impactos.** Se procede a evaluar individualmente cada impacto, utilizando 5 criterios de calificación: Clase, Probabilidad, Duración, Evaluación y Magnitud.

Con las puntuaciones de los criterios anteriores, calcula la calificación ambiental, que representa la interacción conjunta de los factores que caracterizan los impactos ambientales, con la siguiente ecuación:

$$Ca = C(P(aEM + bD))$$

Donde:

Ca = Calificación ambiental

C = Clase

P = Probabilidad

E = Evaluación

M = Magnitud

D = Duración

a = 7

b = 3

La Calificación Ambiental (Ca), varía entre 0.1 y 10, en donde 0.1 hace significa que el impacto es muy bajo y 10 que el impacto es muy alto; los componentes de la Calificación Ambiental se presentan en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Componentes de la Calificación Ambiental

Componente	Valor	Descripción
Clase	+ -	Define el sentido del cambio ambiental, producido por una determinada acción del proyecto. Puede ser positiva o negativa, dependiendo si se mejora o degrada el ambiente actual o futuro.
Probabilidad	1 0.8 0.4 0.1	Existe absoluta certeza de que el impacto se presente Es probable hasta en un 50% que el impacto se presente Es poco probable que el impacto se presente Es casi imposible que el impacto se presente

Evolución	1	Muy rápida (menos de un día)
	0.8	Rápida (de un día a un mes)
	0.6	Media (de un mes a seis meses)
	0.4	Lenta (de seis meses a un año)
	0.2	Muy lenta (más de un año)
Magnitud	1	Muy Severo (daño permanente al ambiente)
	0.8	Severo (daños serios pero temporales)
	0.6	Medianamente Severo (daños menores pero permanentes)
	0.4	Ligeramente Severo (daños menores)
	0.2	Nada Severo (ningún daño)
Duración	1	Muy Larga (más de un año)
	0.8	Larga (de seis meses a un año)
	0.5	Moderada (de un mes a seis meses)
	0.3	Corta (de un día a un mes)
	0.1	Muy Corta (menos de un día)
a	7	Constante
b	3	Constante
Calificación Ambiental	8.0-10	Muy Alta
	6.0-7.9	Alta
	4.0-5.9	Media
	2.0-3.9	Baja
	0.0-1.9	Muy Baja

Fuente: Elaborada por Arboleda (Arboleda, 2008)

#### 4.2.6 Precio Social del Carbono

El Precio social del Carbono o Costo Social del Carbono (CSC), es un fundamento de la economía del cambio climático que se considera como una externalidad negativa global, en la actualidad las actividades económicas que emiten gases de efecto invernadero sin costo económico alguno, pero estas emisiones ocasionan el cambio climático, una externalidad negativa que se puede entender como una falla del mercado o la falta de mercados apropiados, esto lleva a la implementación de políticas, regulaciones e instrumentos económicos para contrarrestar este efecto, como lo es el impuesto al carbono.

Para establecer este impuesto eficientemente, se requiere identificar los costos sociales de carbono, identificar estos costos ha sido una tarea compleja de alta incertidumbre que requiere proyectar y simular diferentes escenarios y la valoración económica de bienes y servicios, por lo que existen actualmente una gran variedad de estudios sobre el CSC. (Alatorre, Caballero, Ferrer, & Galindo, 2019)

Para medir las emisiones de CO<sub>2</sub> en México se debe tomar en cuenta los datos representativos de la actividad y determinar estadísticamente su factor de emisión, sin embargo, el gas natural que utiliza como combustible la Cogeneración es un combustible estable que no varía su poder calorífico dependiendo de la actividad (Diario Oficial de la Federación, 2014), por lo que, el cálculo se realiza utilizando la Guía Práctica para el cálculo de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de la Generalitat de Catalunya Comisión Interdepartamental del Cambio Climático (Climático, 2011).

Es importante mencionar que los gases de efecto invernadero (GEI) se refieren al CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub> eq), que incluye los seis gases de efecto invernadero mencionados en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

#### 4.2.7 Indicadores de Rentabilidad

Se calculan los indicadores financieros calificados como indicados para la evaluación de los valores económicos de costos y beneficios, de la implementación del proyecto, esto son: el valor presente neto, la tasa interna de retorno, la tasa de Rentabilidad inmediata y la relación Costo Beneficio, los indicadores se enlistan en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7 Indicadores Financieros Calificados para Evaluar un Proyecto de Inversión

Nombre	Fórmula	Criterio de Aceptación
Valor presente neto (VPN)	$VPN = \sum_{t=0}^{n-1} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$	Si el VPN es positivo, es conveniente llevar a cabo el proyecto
Tasa interna de retorno (TIR)	$VPN = \sum_{t=0}^{n-1} \frac{B_t - C_t}{(1+TIR)^t} = 0$	Si la TIR es mayor a la tasa de descuento, el proyecto genera más beneficios y debe llevarse a cabo
Tasa de Rentabilidad Inmediata	$TRI_t = \frac{FE_t}{I}$	Si la TRI es mayor a la tasa de descuento, se encuentra el momento óptimo para operar y las inversiones de deben ejecutar en la forma planeada
Costo Beneficio	$\frac{B}{C} = \frac{VPB}{VPC}$	La relación Costo-Beneficio debe ser mayor a 1, cada peso invertido genera más de lo gastado y el proyecto debe ejecutarse

Fuente: Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP, Metodología de Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Transición Energética en Edificios Públicos, 2019)

Donde:

- n = horizonte de evaluación medido en años
- r = tasa de descuento
- Bt = Suma de todos los beneficios socioeconómicos del año t (beneficios directos, indirectos y disminución de externalidades negativas)
- Ct = Suma de todos los costos socioeconómicos, inversión costos directos indirectos y externalidades negativas, en el año t.
- FEt = Flujo de Efectivo en el año t
- I = Valor de la Inversión
- VPB = Valor actual de los beneficios
- VPC = Valor actual de los costos

Utilizando estos indicadores, se realiza el análisis financiero y ambiental, basado en los resultados de los indicadores de rentabilidad y la metodología de matrices de impacto ambiental; así como, el análisis de la rentabilidad económica de la implementación del proyecto. Con los resultados obtenidos, se realizan algunas recomendaciones sobre la implementación de los proyectos, a corto y largo plazo.

### 4.3 Resultados

Se llevó a cabo el análisis de la implementación de los sistemas solares, tanto fotovoltaico como térmico tomando como base el sistema de Cogeneración instalado en la Planta procesadora de Gas en Nuevo Pemex, obteniendo los resultados siguientes.

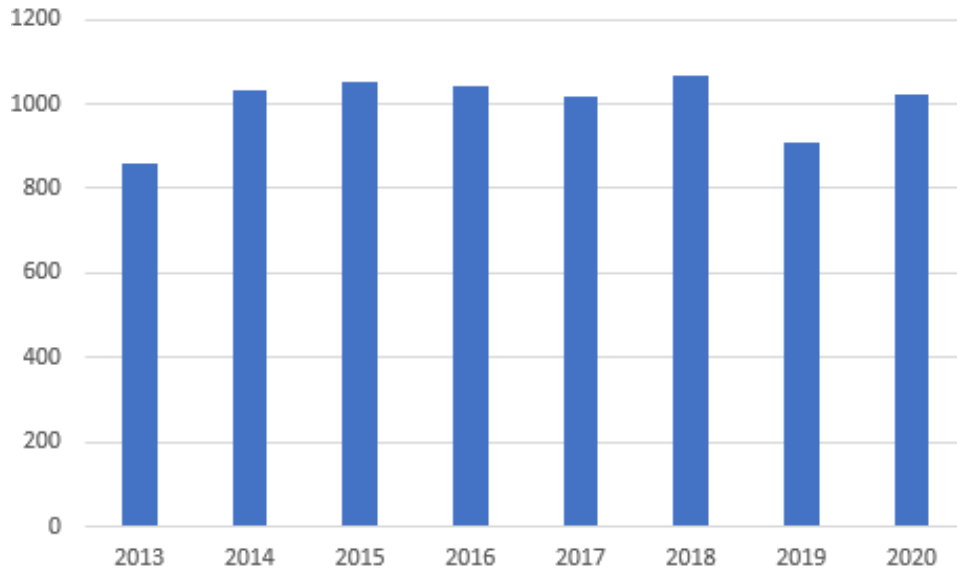
#### 4.3.1 Consumos de la Cogeneración en Nuevo Pemex

Con la información obtenida en la Base de Datos Institucional de Petróleos Mexicanos, se puede determinar que el Consumo de gas seco de la Cogeneración en nuevo Pemex, se comporta de una forma constante a través de los 7 años que ha estado en operación, de 2013 a 2020, notando una pequeña disminución en el consumo en el año 2019 debido a la Pandemia.

En la Gráfica 4.8 se muestra el promedio de gas seco consumido de 2013 al 2020, obteniendo un promedio anual de 1,001 Millones de pies cúbicos (MPC).

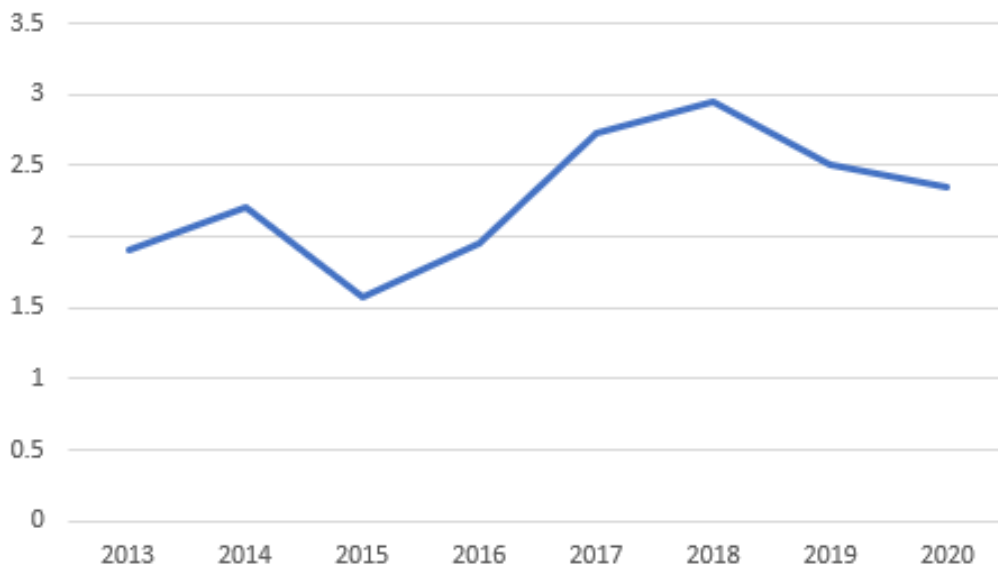
Durante este mismo periodo, el precio de Venta del gas natural aumentó en 55% del 2013 a 2018, notándose una caída del 20% del 2018 al 2020 debido a la pandemia, como se muestra en la Gráfica 4.9.

Gráfica 4.8 Gas Seco Utilizado por la Cogeneración  
(Millones de Pies Cúbicos)



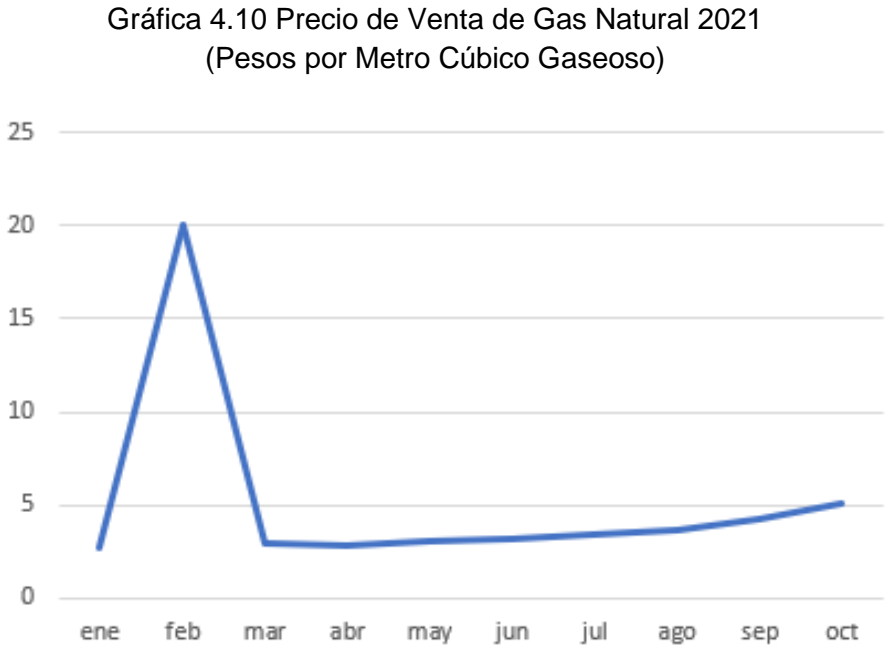
Fuente: Pemex BDI, (PEMEX, Base de Datos Institucional, 2021)

Gráfica 4.9 Precio de Venta de Gas Natural  
(Pesos por Metro Cúbico Gaseoso)



Fuente: Pemex BDI, (PEMEX, Base de Datos Institucional, 2021)

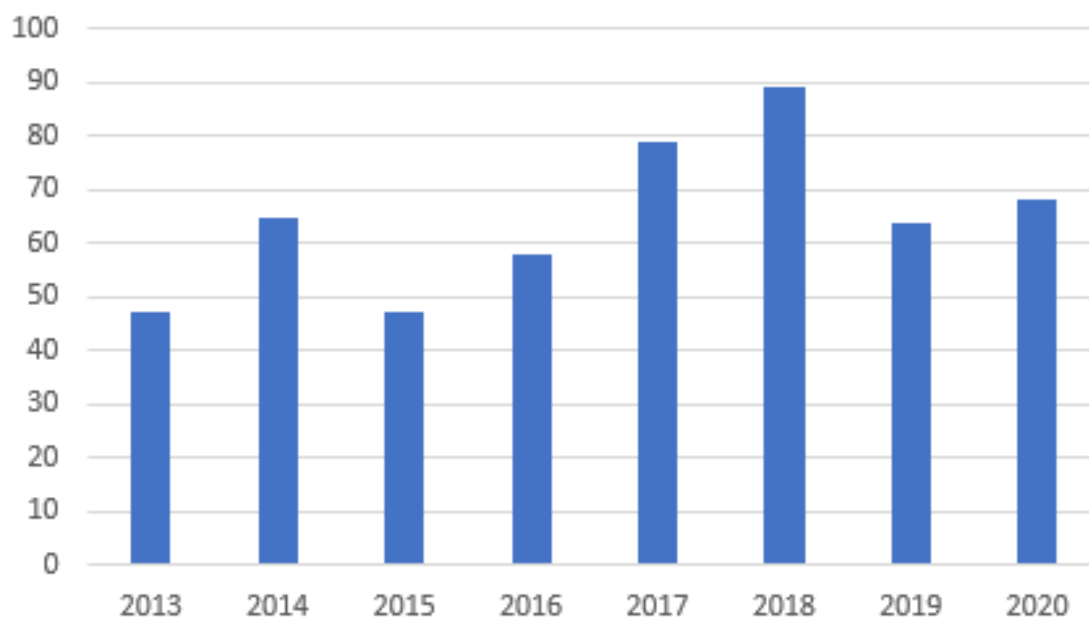
En febrero del 2021, las bajas temperaturas registradas en el sur de Estados Unidos, en Texas, provocaron la suspensión del suministro de gas natural por el congelamiento de ductos. El precio promedio anual observado del año 2013 al año 2020 fue de 2.27 pesos por m<sup>3</sup>g, el precio promedio de febrero del 2021 fue de 20.07 pesos por m<sup>3</sup>g, esto representa un aumento de casi el 89%. Al restablecerse el servicio de Gas en Estados Unidos, el precio regresó a la normalidad en el mes de marzo, sin embargo, se observa una tendencia al alza en los últimos meses del 2021, rebasando los 5 pesos por m<sup>3</sup>g en el mes de octubre, como se observa en la Gráfica 4.10.



Fuente: Pemex BDI (PEMEX, Base de Datos Institucional, 2021)

Con estos datos, y sin tomar en cuenta el de mantenimiento, se estima que el costo promedio de la cogeneración es de 64,639,053 pesos anuales. El costo máximo alcanzado fue durante el año 2018 con 98.96 millones de pesos y el menor durante 2015 con 47.06 millones de pesos anuales, como se muestra en la Gráfica 4.11.

Gráfica 4.11 Costo de cogeneración (Millones de pesos)



Fuente: Elaboración Propia utilizando datos de Pemex BDI (PEMEX, Base de Datos Institucional, 2021)

Este costo de cogeneración representa los ingresos que Pemex deja de obtener al utilizar el gas en la cogeneración y no ocuparlo para la venta, ya que el cálculo se realizó con el costo de venta del gas natural y no con el costo de producción de este; es decir, es el costo de oportunidad de utilizar el gas en la cogeneración, en lugar de venderlo.

Lo ocurrido en Texas, fue una situación inesperada, posiblemente no vuelva a suceder, pero cabe mencionar que, si Pemex hubiera vendido el gas utilizado en la cogeneración el mes de febrero del 2021, hubiera ganado 97.51 millones de pesos aproximadamente, en otras palabras, hubiera ganado en un mes, lo que gastó en la cogeneración en su año más costoso, 2018.

### 4.3.2 Áreas disponibles para la Instalación del Sistema en Nuevo Pemex

Utilizando el sistema de GoogleEarth, se obtienen espacios disponibles junto al equipo de cogeneración de aproximadamente 342,000 m<sup>2</sup>, como se muestra en la Figura 4.12

Figura 4.12. Áreas Disponibles Cercanas al Equipo de Cogeneración en Nuevo Pemex





Fuente: Google Earth (GoogleEarth, 2021)

#### 4.3.3 Promedios de Radiación Solar en Nuevo Pemex

La NASA-POWER CERES emite dos reportes de radiación solar, ambas expresadas en Kilo Watts hora por metro cuadrado ( $\text{Kwh/m}^2/\text{día}$ ), una es la ALLSKY\_SFC\_SW\_DWN que mide la radiación solar directa y la CLRSKY\_SFC\_SW\_DWN que acumula la radiación solar directa e indirecta. Esta última es la que se utiliza para el cálculo de inversión en paneles y concentradores solares, ya que la tecnología de estos absorbe tanto la radiación directa como la indirecta.

En la Tabla 4.13 se muestran los indicadores de Radiación solar diaria en nuevo Pemex, de 2013 a 2020, teniendo un mínimo de  $5.09 \text{ Kwh/m}^2$  y un máximo de  $7.42 \text{ KW-hr/m}^2/\text{día}$ , con un promedio total en este periodo de  $6.46 \text{ Kwh/m}^2$ . Lo anterior representa una radiación alta respecto a la radiación promedio diaria del país que es de  $7.0 \text{ Kwh/m}^2$

Tabla 4.13 Radiación Solar en Nuevo Pemex (Kwh/m2/día)

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Promedio
<b>2013</b>	5.38	6.05	6.82	6.83	6.72	7.38	7.33	7.13	6.78	6.15	5.45	5.15	6.43
<b>2014</b>	5.39	5.97	6.68	6.98	7.15	7.34	7.32	7.21	6.79	6.23	5.54	5.15	6.48
<b>2015</b>	5.34	6.08	6.64	6.86	7.14	7.29	7.34	7.28	6.73	6.16	5.44	5.09	6.45
<b>2016</b>	5.32	6.1	6.6	6.67	6.86	7.24	7.36	7.2	6.78	6.23	5.47	5.11	6.41
<b>2017</b>	5.48	6.07	6.74	6.93	7.06	7.33	7.32	7.29	6.77	6.18	5.67	5.23	6.51
<b>2018</b>	5.38	6.11	6.72	6.97	7.29	7.33	7.35	7.22	6.82	6.22	5.5	5.2	6.51
<b>2019</b>	5.39	6.05	6.71	6.92	6.87	7.34	7.42	7.25	6.78	6.08	5.52	5.16	6.46
<b>2020</b>	5.31	6.06	6.82	6.42	6.94	7.39	7.31	7.16	6.76	6.13	5.47	5.1	6.41
<b>Promedio</b>	5.37	6.06	6.72	6.82	7.00	7.33	7.34	7.22	6.78	6.17	5.51	5.15	6.46

Fuente: NASA-POWER CERES, Latitud 17.5, Longitud -93.07 (NASA, 2021)

#### 4.3.4 Dimensionamiento del Sistema de Paneles y Concentradores Solares en Nuevo Pemex

Se contactaron 6 empresas proveedoras a nivel nacional que se enlistan en la Tabla 4.14, solicitando una cotización formal vía e-mail, informándoles acerca del proyecto y los requerimientos de este, con el fin de obtener un dimensionamiento del sistema más preciso.

La empresa SAECSA envió información de los equipos que maneja, y se le solicitó información sobre una planta eléctrica solar modelo SAE-PIR-8000, cada equipo produce 36 KWh y se requiera una extensión de 54m<sup>2</sup> para su instalación. Se calculaba que para generar 100 MWH se necesitarían 2,778 de estos equipos y una extensión de 150,000 m<sup>2</sup>, sin embargo, la empresa no dio ninguna respuesta.

Se obtuvo respuesta telefónica por parte de la empresa ETesla, la cual ofrece paneles solares para la generación de electricidad, en la llamada comentaron que para generar 100 MWH se requerían 1,000 de sus paneles solares y una extensión de 2,000 m<sup>2</sup> para su instalación, sin embargo, no se recibió la cotización.

Tabla 4.14 Proveedores y Fabricantes de Paneles y Concentradores Solares

<b>Nombre</b>	<b>Teléfono Email</b>	<b>Página Web Ciudad</b>
SAECSA	52 22 1349 2731 clientes@saecsa.com	<a href="https://saecsa.com/">https://saecsa.com/</a> Puebla
SOLARSOL	52 99 9941 2293 contacto@solarsol.mx	<a href="https://www.solarsol.mx/">https://www.solarsol.mx/</a> Mérida
ARTICSOLAR	904-513-4638 bill@articsolar.com	<a href="https://articsolar.com/">https://articsolar.com/</a> Florida
ETesla	52 55 7159 4844	<a href="https://contacto.etesla.mx">https://contacto.etesla.mx</a> CDMX
TCT , Thermal Cooling Technology		<a href="https://www.truesolarpower.com">https://www.truesolarpower.com</a> España
Goldbecksolar	52 55 9172 8690 info-mexico@goldbecksolar.com	<a href="https://goldbecksolar.com/de/kontakt/">https://goldbecksolar.com/de/kontakt/</a> CDMX
Abengoa	52 55 5262 7100 comunicacion.abengoamexico @abengoa.com	<a href="http://www.abengoa.com.mx">www.abengoa.com.mx</a> CDMX

Fuente: Elaboración Propia, 2021

La empresa ArticSolar, ofrece su Colector Solar Parabólico de Concentración Externa, modelo XCPC que alcanza temperaturas de 200 a 300°C, indicó que puede generar calor y vapor para procesos industriales y precalentar aplicaciones para el procesamiento del petróleo, precalentar agua de reposición a calderas o utilizarse como generador de vapor en una línea central, la empresa indicó que para generar 100 lbs/h de vapor se necesitan 24 equipos XCPC, con un costo de US\$1,187 por cada equipo, se recibe cotización y se estima que para obtener 100 Ton/h de vapor es necesario instalar 52,911, utilizando la turbina y la caldera de la Cogeneradora y con un tipo de cambio de 21 pesos por dólar, se estima una inversión de \$1,989 millones pesos aproximadamente y se requieren 142,860m<sup>2</sup> para su instalación.

La empresa Española Abengoa, ofrece concentradores solares de torre que alcanzan temperaturas de 270°C, como ejemplo tienen una planta en Solúcar con 624 paneles que ocupan 60 hectáreas, se instaló con un costo de 1,200 millones de euros, con el tipo de cambio a 23 pesos por euro, esto representa una inversión de 27,600 millones de pesos, esta empresa fue la encargada de la instalación y puesta en marcha de la Central termo solar Agua Prieta II en Sonora para CFE, con una inversión de 8,946 millones de pesos.

Las cotizaciones recibidas se encuentran en el Anexo 2.

#### 4.3.5 Cálculo de las Matrices de Impacto Ambiental

Para valorar la magnitud del proyecto en relación con el medio ambiente, se utiliza el método de valoración de impactos Arboleda, que se define como una técnica tanto cuantitativa como cualitativa para calificar los impactos ambientales a partir de una escala de valoraciones de distintos criterios, obteniendo así un valor numérico que permite calificar al proyecto (Benito & Ruiz, 2018)

Se construyen 3 matrices, una para el sistema de cogeneración, otra para el sistema solar fotovoltaico, y una última para el sistema solar térmico.

Las tres matrices, se ajustan a lo que establece, el Artículo 13 del REIA, presentando la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales del Sistema Ambiental Regional (SAR) (SEMARNAT, Planta Fotovoltaica Saturno Solar, Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, 2019)

Las etapas de cada proyecto, susceptibles a producir impactos ambientales se presentan en la Tabla 4.15.

En la Tabla 4.16, se enlistan los impactos ambientales identificados, que pueden ser alterados por las actividades de los 3 proyectos.

Tabla 4.15 Obras y Actividades Susceptibles de Producir Impactos Ambientales

<b>Sistema de Cogeneración</b>		
<b>Etapa</b>	<b>Obra</b>	<b>Actividad</b>
Preparación del Sitio		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpieza del terreno</li> <li>2. Excavación, corte, relleno,</li> <li>3. compactación y nivelación.</li> <li>4. Instalación de obras provisionales</li> </ol>
Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bancadas de turbina de gas, caldera de recuperación y turbina de vapor.</li> <li>• Nuevo centro de transformación intermedia.</li> <li>• Salas de transformadores.</li> <li>• Sala de aire comprimido.</li> <li>• Salas de celdas de cogeneración.</li> <li>• Sala de control</li> <li>• Caseta de ERM.</li> <li>• Canalizaciones eléctricas.</li> <li>• Canalizaciones de gas.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Excavación y rellenos</li> <li>2. Nivelación y compactación</li> <li>3. Cimentación y Armado de infraestructura</li> <li>4. Instalación y conexión de los componentes de la turbina y las calderas</li> <li>5. Transporte y almacenamiento de combustibles</li> <li>6. Desmantelamiento de infraestructura provisional</li> </ol>
Operación y Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Red de insumos</li> <li>• Turbina de gas , caldera de recuperación y turbina de vapor.</li> <li>• Salas de transformadores.</li> <li>• Sala de aire comprimido.</li> <li>• Salas de celdas de cogeneración</li> <li>• Sala de control</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Generación de energía eléctrica por medio de Turbinas</li> <li>2. Transmisión de energía eléctrica por la línea de transmisión</li> <li>3. Generación de Vapor</li> <li>3. Operación de obras</li> <li>4. Mantenimiento de los equipos</li> </ol>
Desmantelamiento de la Infraestructura		

<b>Sistema Solar Térmico</b>		
<b>Etapa</b>	<b>Obra</b>	<b>Actividad</b>
Preparación del Sitio		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpieza del terreno</li> <li>2. Excavación, corte, relleno,</li> <li>3. compactación y nivelación.</li> <li>4. Instalación de obras provisionales</li> </ol>
Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentradores solares</li> <li>• Turbinas de generación eléctrica</li> <li>• Cercado perimetral</li> <li>• Red de caminos internos</li> <li>• Caminos de acceso</li> <li>• Sistemas de conversión (estaciones de media tensión o de conversión eléctrica)</li> <li>• Línea de transmisión</li> <li>• Subestaciones eléctricas y su ampliación en su caso</li> <li>• Zanjas</li> <li>• Edificio de operación y mantenimiento</li> <li>• Obras provisionales</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Excavación y rellenos</li> <li>2. Nivelación y compactación</li> <li>3. Cimentación y Armado de infraestructura</li> <li>4. Instalación y conexión de los componentes eléctricos de la planta solar</li> <li>5. Transporte y almacenamiento de combustibles</li> <li>6. Desmantelamiento de infraestructura provisional</li> </ol>
Operación y Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentradores Solares</li> <li>• Cercado perimetral</li> <li>• Red de caminos internos</li> <li>• Subestaciones eléctricas</li> <li>• Línea de transmisión</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Generación de vapor por medio de los concentradores solares</li> <li>2. Generación de energía eléctrica por medio de Turbinas</li> <li>3. Transmisión de energía eléctrica por la línea de transmisión</li> <li>4. Operación de obras</li> <li>5. Mantenimiento de los equipos</li> </ol>
Desmantelamiento de la Infraestructura		

<b>Sistema Solar Fotovoltaico</b>		
<b>Etapa</b>	<b>Obra</b>	<b>Actividad</b>
Preparación del Sitio		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpieza del terreno</li> <li>2. Excavación, corte, relleno,</li> <li>3. compactación y nivelación.</li> <li>4. Instalación de obras provisionales</li> </ol>
Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paneles solares</li> <li>• Cercado perimetral</li> <li>• Red de caminos internos</li> <li>• Caminos de acceso</li> <li>• Sistemas de conversión (estaciones de media tensión o de conversión eléctrica)</li> <li>• Línea de transmisión</li> <li>• Subestaciones eléctricas y su ampliación en su caso</li> <li>• Zanjas</li> <li>• Edificio de operación y mantenimiento</li> <li>• Obras provisionales</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Excavación y rellenos</li> <li>2. Nivelación y compactación</li> <li>3. Cimentación y Armado de infraestructura</li> <li>4. Instalación y conexión de los componentes eléctricos de la planta solar</li> <li>5. Transporte y almacenamiento de combustibles</li> <li>6. Desmantelamiento de infraestructura provisional</li> </ol>
Operación y Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paneles solares</li> <li>• Cercado perimetral</li> <li>• Red de caminos internos</li> <li>• Subestaciones eléctricas</li> <li>• Línea de transmisión</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Generación de energía eléctrica por medio de los paneles solares</li> <li>2. Transmisión de energía eléctrica por la línea de transmisión</li> <li>3. Operación de obras</li> <li>4. Mantenimiento de los equipos</li> </ol>
Desmantelamiento de la Infraestructura		

Fuente: Elaboración Propia con datos del Proyecto Papelera Guipuzcoana (Notario, 2007) y Saturno Solar (SEMARNAT, Proyecto: Planta fotovoltaica "saturno solar" manifestación de impacto ambiental modalidad regional, 2019)

Tabla 4.16 Impactos Ambientales Identificados en las Diferentes Etapas de los Proyectos

<b>Componentes Ambientales</b>	<b>Factor</b>	<b>Impacto Ambiental</b>
Suelo	Erosión	Pérdida de suelo
	Calidad	Contaminación del suelo por mal manejo de residuos
	Relieve	Modificación de las formas terrestres naturales de la superficie.
Agua	Hidrología superficial	Modificación de los patrones naturales de drenaje superficial
	Hidrología subterránea	Modificación de los patrones naturales de drenaje subterráneo
Aire	Calidad	Contaminación del aire por emisión de ruido, partículas suspendidas y gases de combustión
	Confort sonoro	Por el aumento de niveles de ruido en el ambiente ocasionado por el uso de maquinaria y equipo
Flora	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal
Fauna	Individuos de especies de fauna	Afectación de individuos de especies de fauna
Ecosistemas	Hábitats	Pérdida de hábitats
Paisaje	Calidad visual	Alteración o modificación de los paisajes naturales.

Fuente: Elaboración Propia con datos del Proyecto Papelera Guipeuzcoana (Notario, 2007) y Saturno Solar (SEMARNAT, Proyecto: Planta fotovoltaica "saturno solar" manifestación de impacto ambiental modalidad regional, 2019)

Con estos datos, y utilizando como base la información del proyecto Saturno de la CFE (SEMARNAT, Proyecto: Planta fotovoltaica “saturno solar” manifestación de impacto ambiental modalidad regional, 2019) y el proyecto de cogeneración de la papelera Guipuzcoana de Zicuñaga (Notario, 2007), se procede a Calificar el impacto ambiental, valuando Clase, Probabilidad, Evolución, Magnitud y Duración, en cuatro etapas: Preparación del Sitio (PS), Construcción ©, Operación y Mantenimiento (OM) y Desmantelamiento (D); utilizando el algoritmo y los valores de la Tabla 4.1, se obtienen los siguientes resultados para los 3 proyectos por impacto ambiental:

### **Pérdida de suelo**

<b>Etapa</b>	<b>PS</b>	<b>C</b>	<b>OM</b>	<b>D</b>
Sistema Solar Fotovoltaico	Muy bajo	Muy bajo	N/A	Media
Sistema Solar Térmico	Muy bajo	Muy bajo	N/A	Media
Sistema Cogeneración	Muy bajo	Muy bajo	N/A	Muy bajo

El impacto sobre la erosión del suelo es muy bajo en las primeras etapas en los 3 sistemas, en los sistemas solares en la etapa de desmantelamiento se incrementa el impacto ambiental de muy bajo a medio, ya que ambos sistemas ocupan una gran extensión de suelo, sin embargo, este puede ser restaurado.

### **Contaminación del suelo por mal manejo de residuos**

<b>Etapa</b>	<b>PS</b>	<b>C</b>	<b>OM</b>	<b>D</b>
Sistema Solar Fotovoltaico	Muy bajo	Muy bajo	N/A	Media
Sistema Solar Térmico	Muy bajo	Muy bajo	N/A	Media
Sistema Cogeneración	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo

El impacto sobre la calidad del suelo por el mal manejo de residuos es muy bajo en las primeras etapas en los 3 sistemas, únicamente en el sistema de cogeneración se presenta este impacto durante la Operación y Mantenimiento, pero con muy bajo impacto, en los sistemas solares en la etapa de desmantelamiento se incrementa el impacto de muy bajo a medio, al igual que en el impacto anterior.

### **Modificación de las formas terrestres naturales de la superficie**

<b>Etapa</b>	<b>PS</b>	<b>C</b>	<b>OM</b>	<b>D</b>
Sistema Solar Fotovoltaico	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	N/A
Sistema Solar Térmico	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	N/A
Sistema Cogeneración	Muy bajo	Bajo	N/A	Bajo

El impacto sobre el relieve del suelo es muy bajo en todas sus etapas, únicamente en la cogeneración se intensifica un poco en las etapas de construcción y desmantelamiento, debido al peso de algunos equipos.

### **Modificación de los patrones naturales de drenaje superficial**

<b>Etapa</b>	<b>PS</b>	<b>C</b>	<b>OM</b>	<b>D</b>
Sistema Solar Fotovoltaico	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	N/A
Sistema Solar Térmico	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	N/A
Sistema Cogeneración	Muy bajo	Muy bajo	N/A	N/A

El impacto sobre la hidrología o agua superficial es muy bajo en todas las etapas y en todos los sistemas.

### **Modificación de los patrones naturales de drenaje subterráneo**

<b>Etapa</b>	<b>PS</b>	<b>C</b>	<b>OM</b>	<b>D</b>
Sistema Solar Fotovoltaico	Muy bajo	Muy bajo	N/A	Baja
Sistema Solar Térmico	Muy bajo	Media	N/A	Baja
Sistema Cogeneración	Muy bajo	Media	N/A	Baja

El impacto sobre la hidrología subterránea es muy bajo en la parte inicial de los proyectos, para la construcción se incrementa hasta Medio impacto para los sistemas solares Térmicos y de Cogeneración, ya que su proceso utiliza agua para generar vapor, al final en la etapa de desmantelamiento los tres sistemas impactan en grado bajo.

### **Contaminación del aire por emisión de ruido, partículas suspendidas y gases de combustión**

<b>Etapa</b>	<b>PS</b>	<b>C</b>	<b>OM</b>	<b>D</b>
Sistema Solar Fotovoltaico	Muy bajo	Muy bajo	N/A	Muy bajo
Sistema Solar Térmico	Muy bajo	Muy bajo	N/A	Muy bajo
Sistema Cogeneración	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Muy bajo

El impacto sobre la calidad del aire es muy bajo en todas las etapas de todos los proyectos, únicamente se incrementa un poco en la cogeneración por el uso del gas natural en su operación.

### **Por el aumento de niveles de ruido en el ambiente ocasionado por el uso de maquinaria y equipo**

<b>Etapa</b>	<b>PS</b>	<b>C</b>	<b>OM</b>	<b>D</b>
Sistema Solar Fotovoltaico	Muy bajo	Muy bajo	N/A	N/A
Sistema Solar Térmico	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	N/A
Sistema Cogeneración	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo

El impacto sobre el confort sonoro es muy bajo en todas las etapas de todos los proyectos, se presenta en la operación de los sistemas solar térmico y cogeneración por el uso de turbinas para generar electricidad.

### **Pérdida de cobertura vegetal**

<b>Etapa</b>	<b>PS</b>	<b>C</b>	<b>OM</b>	<b>D</b>
Sistema Solar Fotovoltaico	Muy bajo	N/A	N/A	N/A
Sistema Solar Térmico	Muy bajo	N/A	N/A	N/A
Sistema Cogeneración	Muy bajo	Muy bajo	N/A	Muy bajo

El impacto sobre la pérdida de flora es muy bajo y se presenta en la etapa inicial de todos los proyectos y sólo en la construcción y desmantelamiento de la cogeneración.

### **Afectación de individuos de especies de fauna**

<b>Etapa</b>	<b>PS</b>	<b>C</b>	<b>OM</b>	<b>D</b>
Sistema Solar Fotovoltaico	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	N/A
Sistema Solar Térmico	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	N/A
Sistema Cogeneración	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo

El impacto sobre la fauna es muy bajo en todas las etapas de todos los proyectos por lo que las especies no se ven afectadas.

### **Pérdida de hábitats**

<b>Etapa</b>	<b>PS</b>	<b>C</b>	<b>OM</b>	<b>D</b>
Sistema Solar Fotovoltaico	Muy bajo	N/A	N/A	N/A
Sistema Solar Térmico	Muy bajo	N/A	N/A	N/A
Sistema Cogeneración	Muy bajo	Bajo	N/A	Media

El impacto a los Ecosistemas es muy bajo en la etapa de Preparación para todos los sistemas y sólo la cogeneración afecta a los hábitats en con bajo y mediano impacto en la construcción y en el desmantelamiento.

### **Alteración o modificación de los paisajes naturales**

<b>Etapa</b>	<b>PS</b>	<b>C</b>	<b>OM</b>	<b>D</b>
Sistema Solar Fotovoltaico	Muy bajo	Muy bajo	N/A	Baja
Sistema Solar Térmico	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Baja
Sistema Cogeneración	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo

El impacto al paisaje y la calidad visual es muy bajo en las primeras tres etapas para todos los sistemas y aumenta únicamente en el desmantelamiento de los sistemas solares.

Se puede concluir que, los impactos ambientales son muy bajos, siendo el sistema solar fotovoltaico el que menos impacto tiene, sin embargo, para completar todos los insumos que se necesita en la Planta de gas, el sistema solar Térmico es el que, cumple con los menores impactos; en el Anexo 1, se encuentran las matrices de impacto ambiental completas.

#### 4.3.6 Cálculo del Precio Social del Carbono

La cogeneración tiene un consumo de gas natural promedio de 1,001 MPC al año, al cambiar a un sistema solar térmico, el ahorro supuesto sería del 50% del consumo total, ya que el sistema solar operaría únicamente 12 horas, y la cogeneración trabaja 24 horas diarias, para obtener la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> asociada, debe efectuarse el cálculo del consumo energético inicial, el cual representa el ahorro de emisiones.

Primero se convierten el consumo de gas a metros cúbicos,

$$\text{Consumo energético: } 500.5 \text{ MPC de gas natural} = 14,671,379 \text{ m}^3$$

Utilizando el factor de conversión de 2.15 kg/m<sup>3</sup> obtenemos lo siguiente:

$$\text{Emisiones de CO}_2 = (14,671,379 \text{ m}^3 \times 2.15 \text{ kg/m}^3) = 31,543,464 \text{ kg de CO}_2/\text{anual}$$

Por lo tanto, el ahorro de emisiones es de 31,543 Ton de CO<sub>2</sub> al año.

El precio Social del carbono es definido como el valor monetario del daño causado al emitir una tonelada adicional de carbono, en un momento del tiempo, en México la CEPAL en 2019, sugiere utilizar un valor de 25.83 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente (SHCP, Metodología de Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Transición Energética en Edificios Públicos, 2019), por lo que el ahorro social de utilizar un sistema solar térmico sería de 814,768 dólares anuales, que a un tipo de cambio de 21 pesos por dólar, representa un ahorro de 17.11 millones de pesos anuales.

#### 4.3.7 Cálculo de los Indicadores de Rentabilidad

Para proyectos de transición energética el análisis de los indicadores de rentabilidad son del tipo costo-beneficio, calculando el valor presente neto, la tasa interna de retorno, la tasa de rentabilidad Inmediata y la relación costo beneficio (SHCP, Metodología de Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Transición Energética en Edificios Públicos, 2019).

Luego de analizar las cotizaciones y los productos de las empresas que dieron respuesta, se realiza una estimación de inversión con los resultados obtenidos por la empresa ArticSolar, ya que es la que más se acerca a los requerimientos de generación de vapor y electricidad que produce la Cogeneradora de Nuevo Pemex.

En la Tabla 4.17 se muestra la simulación completa con la cotización recibida de ArticSolar utilizando su plantilla Process Heat Example, publicada en su página de internet, adecuando la cotización a los requerimientos para el proyecto (ArticSolar, 2021)

El flujo de efectivo inicial se estima utilizando el ahorro promedio en el consumo del gas y el precio social de carbono, ambos calculados anteriormente

Tabla 4.17 Cotización Artic Solar

Cotización Artic Solar, equipo para generar 100 toneladas de vapor			
Equipo	Cantidad	Precio Unitario	Total
Colectores solares	52,911	\$1,150.00	\$ 60,847,650.00
Soportes (3 colectores cada uno)	52,911	\$60.00	\$ 3,174,660.00
Bombas (Campo solar y agua caliente)	17,637	\$280.00	\$ 4,938,360.00
Intercambiador de calor de tubo en carcasa de ac	5,879	\$600.00	\$ 3,527,400.00
Válvula motorizada de 3 vías	5,879	\$600.00	\$ 3,527,400.00
Controles- Equipos solares y de monitoreo	5,879	\$1,000.00	\$ 5,879,000.00
Las válvulas de alivio	11,758	\$200.00	\$ 2,351,600.00
Tanque de expansión	11,758	\$125.00	\$ 1,469,750.00
Caldera 10HP con intercambiador de calor	0	\$15,000.00	\$ -
Transporte		\$4,000.00	\$ 4,000.00
			<b>\$ 85,719,820.00</b>

<b>Suministros y otros gastos</b>			
Accesorios y colgadores de tuberías (pies)			\$ 600.00
tubería de cobre de 2"		\$7.25	\$ -
Aislamiento y chaqueta de 2 1/8"		\$2.60	\$ -
Tubo de cobre de 1,5"		\$4.80	\$ -
Aislamiento y chaqueta de 1 5/8"		\$2.10	\$ -
Tubo de cobre de 1 1/4"	352,740	\$4.40	\$ 1,552,056.00
Aislamiento y chaqueta de 1 3/8"	352,740	\$2.10	\$ 740,754.00
Tubo de Cobre de 1"	587,900	\$2.50	\$ 1,469,750.00
Aislamiento y chaqueta de 1 1/8"	587,900	\$2.00	\$ 1,175,800.00
Tubo de cobre de 3/4"	705,480	\$2.10	\$ 1,481,508.00
Aislamiento y chaqueta de 7/8"	705,480	\$1.95	\$ 1,375,686.00
Aditivos (gal) GLICOL	29,395	\$40.00	\$ 1,175,800.00
			\$ 8,971,954.00
<b>Mano de obra</b>			
Instalar colectores y tuberías de matriz (horas)	80	\$75.00	\$ 6,000.00
Instalar tuberías e intercambiadores de calor	160	\$75.00	\$ 12,000.00
ss	12	\$140.00	\$ 1,680.00
Eléctrico (horas)	16	\$125.00	\$ 2,000.00
Diseño (horas)	20	\$150.00	\$ 3,000.00
<b>Total Mano de obra</b>			\$ 24,680.00
<b>Contingencias</b>	10%		\$ 2,468.00
<b>Costo Total</b>			\$ 94,718,922.00
Tipo de Cambio		pesos por dólar	\$ 21.00
<b>TOTAL DEL PROYECTO</b>			\$ 1,989,097,362.00

Fuente: Elaboración Propia utilizando información de cotización Recibida y con base a ArticSolar Industrial Process Heat Example (ArticSolar, 2021)

El flujo de efectivo inicial se estima utilizando el ahorro promedio en el consumo del gas y el precio social de carbono, ambos calculados anteriormente.

Para el cálculo del ahorro de compra de electricidad a CFE se estima que utilizando la turbina de la Cogeneración se pueden producir 55,000 KWh, y considerando un promedio de las tres tarifas de la Región de Tabasco Centro: Base, Intermedia y Punta (Ver el Anexo 3), para la industria publicada por CFE para enero del 2022, en la región de Tabasco Centro (CFE, 2022) se obtiene un ahorro en la compra de electricidad de \$281,355,140 pesos anuales.

Ahorro en compra de Electricidad:

Tarifa CFE Promedio	1.1679	\$/KWh
Electricidad Generada	55,000.00	kwh
Horas de Generación	12	horas diaria:
Días de Operación Anual	365	días
Total	281,355,140.00	\$/anuales

Con estos 3 conceptos se obtiene un flujo de efectivo total inicial de \$330,784,787 pesos anuales:

Ahorro de Gas	\$ 32,319,526.66
Costo social	\$ 17,110,121.00
Ahorro en compra de electricidad	\$ 281,355,140.00
Total	\$ 330,784,787.66

Con este total inicial, se calcula el flujo de efectivo para un periodo de 30 años, que es el tiempo aproximado de vida de los concentradores solares, utilizando una tasa de inflación del 5%.

Flujo de efectivo proyectado a 30 años:

Año	Flujo	Año	Flujo
1	\$ 330,784,787.66	16	\$ 687,677,816.38
2	\$ 347,324,027.04	17	\$ 722,061,707.20
3	\$ 364,690,228.39	18	\$ 758,164,792.56
4	\$ 382,924,739.81	19	\$ 796,073,032.18
5	\$ 402,070,976.80	20	\$ 835,876,683.79
6	\$ 422,174,525.64	21	\$ 877,670,517.98
7	\$ 443,283,251.92	22	\$ 921,554,043.88
8	\$ 465,447,414.52	23	\$ 967,631,746.08
9	\$ 488,719,785.24	24	\$ 1,016,013,333.38
10	\$ 513,155,774.51	25	\$ 1,066,814,000.05
11	\$ 538,813,563.23	26	\$ 1,120,154,700.05
12	\$ 565,754,241.39	27	\$ 1,176,162,435.05
13	\$ 594,041,953.46	28	\$ 1,234,970,556.81
14	\$ 623,744,051.14	29	\$ 1,296,719,084.65
15	\$ 654,931,253.69	30	\$ 1,361,555,038.88

Para el cálculo de los Indicadores Financieros, se considera una Tasa de Retorno WACC del 10% que es la corresponde a la mínima rentabilidad posible del proyecto (SHCP, Metodología de Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Transición Energética en Edificios Públicos, 2019). Con estos datos, y utilizando las fórmulas de Excel, se obtienen los resultados de la Tabla 4.18.

Tabla 4.18 Resultados de Indicadores de Rentabilidad

<b>Indicador Financiero</b>	<b>Resultado</b>	<b>Interpretación</b>
VPN	\$2,716,358,773.84	El Valor Presente Neto es positivo por lo que el proyecto es viable.
TIR	21.42%	La Tasa Interna de Retorno es mayor que la tasa de descuento WACC por lo que el proyecto es viable.
TRI	68%	La Tasa de Rentabilidad Inmediata es mayor que la tasa de descuento, lo que indica que el proyecto se encuentra el momento óptimo de operar.
Costo-Beneficio	1.366	La relación Costo- Beneficio, es mayor a 1 por lo que el proyecto es beneficioso

Fuente: Elaboración Propia, 2022

Los indicadores financieros estimados, indican que el proyecto de instalar concentradores solares como sistema alternativo a la cogeneración en Nuevo Pemex, es un proyecto viable, cuya inversión se recupera en los primeros 6 años del proyecto, generando ahorros por 330.8 millones de pesos anuales y reduciendo las de emisiones de gases de efecto invernadero en 31,543 Ton de CO<sub>2</sub> al año.

## Conclusiones y Futuras Líneas de Investigación

El objetivo general de este trabajo fue evaluar la viabilidad de inversión en energía solar al interior de Petróleos Mexicanos, al realizar una comparación con el uso de la Cogeneración se puede concluir que invertir en energía solar térmica para la producción de vapor y electricidad para el consumo de la Planta de Gas de Nuevo Pemex, es un proyecto de inversión viable.

El estudio mostró que el proyecto de generación de vapor y electricidad, utilizando energía solar térmica, es viable, aporta beneficios económicos para PEMEX, con una inversión de 1,989 millones de pesos, se lograría un ahorro de 313.7 millones de pesos anuales los gastos de operación y consumo de electricidad, recuperando la inversión en los primeros 6 años y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero en 31,543 Ton de CO<sub>2</sub> al año, lo que representa 17.6 millones de pesos anuales en costo social.

El incremento en el ingreso que pueda obtener Pemex por la venta del gas ahorrado en la cogeneración, son ganancias directas para la empresa, no representan incremento en el pago de impuestos debido a que el Derecho por la Utilidad Compartida (DUC) se calcula con base a los hidrocarburos extraídos y no con base a las ventas.

Con este ingreso adicional propio de Pemex se podría invertir en el mantenimiento y renovación de áreas de trabajo, en la compra de medicamentos y modernización de los hospitales de la empresa, otorgando así, beneficios directos a los trabajadores.

Esta reducción de gases de efecto invernadero mejora directamente la salud de los trabajadores y habitantes cercanos a la Planta de Gas, contribuyendo también con el objetivo planteado por el gobierno para cumplir las metas del tratado de Kioto para mantener la temperatura del planeta por debajo de los 2°C.

Este tipo de inversiones en Pemex representaría modernizar sus instalaciones, generar empleos, incentivar el desarrollo de tecnología limpia, reducir la contaminación y mejorar la imagen de la empresa en México y en el mundo.

Como líneas futuras de investigación se recomienda la evaluación para el uso de energía solar para la climatización en los centros de trabajo de Petróleos Mexicanos, el del uso del hidrógeno y biocombustibles dentro de la empresa, así como el desarrollo de tecnología solar mexicana para su implementación y adecuación a las necesidades propias de Petróleos Mexicanos.

La principal limitante para el uso de energías limpias en Pemex es la regulación energética, sin embargo, estudios como este muestran que son inversiones lucrativas y que pueden utilizarse para el beneficio de la empresa, de la economía del país, y de la salud de la población, sin afectar la línea de negocio de Petróleos Mexicanos.

## Referencias

- Abril, G. A. (2004). *Cien años de la utilización de la Energía Geotérmica*. CFE: GEOS Vol. 23. Obtenido de [https://www.ugm.org.mx/publicaciones/geos/pdf/geos04-2/sesiones\\_especiales/SE15.pdf](https://www.ugm.org.mx/publicaciones/geos/pdf/geos04-2/sesiones_especiales/SE15.pdf)
- Acevedo, G. F. (2016). *Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/11352>
- AEMA. (2017). *Hacer Realidad la energía limpia y renovable*. Agencia Europea del Medio Ambiente. Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2017-configuracion-del-futuro/articulos/hacer-realidad-la-energia-limpia>
- AIE. (2019). *Renewables 2019 - Market analysis and forecast from 2019 to 2024*. Agencia Internacional de la Energía. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/renewables-2019>
- AIE. (2021). *Global Energy Review*. Agencia Internacional de la Energía. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021>
- Alatorre, J. E., Caballero, K., Ferrer, J., & Galindo, L. M. (2019). El costo social del carbono: una visión agregada desde América Latina. (E. d. latina, Ed.) Obtenido de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44423/1/S1800462\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44423/1/S1800462_es.pdf)
- Alcor, C. E. (2008). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Progresa.
- Álvarez, C. (2021). *¿Qué son los criterios ESG (Environmental, Social and Governance) y por qué son importantes para los inversores?* BBVA. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-los-criterios-esg-environmental-social-and-governance-y-por-que-son-importantes-para-los-inversores/>
- Álvarez, M. M. (2019). *¿Qué significa la calificación que otorga Moody's Fitch Ratings y S&P?* Dinero en Imagen. Obtenido de <https://www.dineroenimagen.com/economia/que-significa-la-calificacion-que-otorga-moodys-fitch-ratings-y-sp/107866>
- Amelio, M. R. (2011). *Energía fotovoltaica: Presente y futuro*. Número 9 año 3 enero-marzo 2011: Revista de Energías Renovables, ANES, A.C. Obtenido de [https://anes.org.mx/wp-content/uploads/2019/05/RER\\_092011.pdf](https://anes.org.mx/wp-content/uploads/2019/05/RER_092011.pdf)
- Ancu, S. P., Bossa, C. D., & Vives, B. A. (2018). *Energías Limpias, Alternativas para el Desarrollo Organizacional*. (U. C. Colombia, Ed.) Recuperado el julio de 2021, de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/6981/1/2018\\_energias\\_desarrollo\\_organizacional.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/6981/1/2018_energias_desarrollo_organizacional.pdf)

- Aranda, U. J., & Zabalza, B. I. (2009). *Energía Solar Térmica*. Editorial Prensas Universitarias de Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Arboleda, G. J. (2008). *MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS, OBRAS O ACTIVIDADES*. Medellín, Colombia. Obtenido de [https://www.academia.edu/34461272/Manual\\_EIA\\_Jorge\\_Arboleda\\_1\\_](https://www.academia.edu/34461272/Manual_EIA_Jorge_Arboleda_1_)
- Arena, L. E., & Nasello, O. B. (1993). *Técnicas de Crecimiento de Monocristales de hielo de alta calidad*. Universidad Nacional de Córdoba España. Obtenido de <https://anales.fisica.org.ar/journal/index.php/analesafa/article/view/1383/1408>
- ArticSolar. (2021). Industrial Process Heat Example. Obtenido de <https://articsolar.com/applications/process-heat-hot-water-steam/>
- Azuela, L. F., & Talarcón, J. L. (1999). *Contracorriente: historia de la energía nuclear en México, 1945-1995*. Plaza y Valdés S. A. de C. V. Obtenido de <http://www.gbv.de/dms/sub-hamburg/329069322.pdf>
- Ballester, F. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista Española de Salud pública (79)2*, 159-175. Obtenido de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272005000200005&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200005&lng=es&tlng=es)
- Bank, T. W. (2020). Global Solar Atlas 2.0, Solar resource data: Solargis. Obtenido de <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download>
- Barberá, S. D. (2014). *Introducción a la Energía Fotovoltaica*. Universidad de Sevilla. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/386464517/IntroducciA-n-a-la-EnergA-a-Fotovoltaica>
- Barbosa, U. J. (2013). *Estudio Comparativo entre variables fotovoltaicas de dos sistemas de paneles solares (monocristalino y policristalino) en Bogotá*. Bogotá Colombia. Obtenido de <http://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/831/Estudio%20comparativo%20entre%20variables%20fotovoltaicas%20de%20dos%20sistemas%20de%20paneles%20solares%20en%20Bogot%c3%a1.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Bard, A. J., & Faulkner, L. R. (2001). *Electrochemical methods: Fundamentals and applications*. New York: John Wiley & Sons.
- Bautista, H. A., Ortiz, A. F., & Álvarez, G. J. (2021). *Profitability Using Second-Generation Bioethanol in Gasoline*. *Energies* 2021, 14, 2294. doi:<https://doi.org/10.3390/en14082294>
- Bejerano, P. G. (2019). *Desde 2010, la energía renovable es mucho más barata*. Obtenido de <https://blogthinkbig.com/energia-renovable-barata>
- Benavides, B. H., & León, A. G. (2007). *Información Técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios

- Ambientales - IDEAM. Obtenido de 1.  
<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>
- Benito, M. G., & Ruiz, C. K. (2018). *ANÁLISIS BENEFICIO-COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL CAMPUS AGUAS CLARAS DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SEDE VILLAVICENCIO, META*. VILLAVICENCIO: UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13714/2018ginnabenito.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bernad, R., Monguy, F., & Schwartz, M. (1982). *La radiación solar: conversión térmica y aplicaciones*. Lavoisier: Technique and Documentation.
- Bird, L., Heeter, J., O'Shaughnessy, E., Speer, B., Cook, O., Jones, T., . . . Nilson, E. (2017). *Policies for Enabling Corporate Sourcing of Renewable Energy Internationally: A 21st Century Power Partnership Report*. United States. doi:<https://doi.org/10.2172/1360891>
- BloombergNEF. (2021). *Transition Investment Trends*. BloombergNEF Energy. Obtenido de [https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Energy-Transition-Investment-Trends\\_Free-Summary\\_Jan2021.pdf](https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Energy-Transition-Investment-Trends_Free-Summary_Jan2021.pdf)
- Bocanument, J. (2018). *Energía solar térmica y sistemas de baja temperaturas*. Bugard SAS. Obtenido de <https://www.bugardsas.com/?p=1093>
- BP, B. P. (2020). *Statistical Review of World Energy*. Estados Unidos. Obtenido de <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- Carrasco, A. N. (2009). *Caracterización de una Planta Termo Solar de Colectores Parabólicos para Generación de Energía Eléctrica*. Universidad de Chile. Obtenido de [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103573/carrasco\\_n.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103573/carrasco_n.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- CEE. (2014). *Eficiencia energética y energía solar*. Certificado de Eficiencia Energética. Obtenido de <https://certificadodeeficienciaenergetica.com/blog/eficiencia-energetica-y-energia-solar/>
- CFE. (2022). *Tarifas energía Industriales*. Tabasco, Centro. Obtenido de <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCREIndustria/Tarifas/DemandIndustrialTran.aspx>
- Climainfo. (2018). *¿Qué hay que hacer para limitar el calentamiento global a 1.5°C?* Obtenido de 1. <https://believe.earth/es/que-hay-que-hacer-para-limitar-el-calentamiento-global-a-15oc/>

- Climático, G. d. (2011). *GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)*. Cataluña España.  
doi:<https://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>
- Cobán, L. A. (2021). *Planta Solar Villanueva ilumina 1.3 millones de hogares*. El son Laguna. Obtenido de <https://www.noticiasdelsoldelalaguna.com.mx/local/planta-solar-villanueva-ilumina-1.3-millones-de-hogares-6385517.html>
- Commoner, B. (1992). *En paz con el planeta. Crítica-Drakontos, Barcelona*.
- Cruz, M. V., Gallego, M. E., & González de Paula, L. (2009). *Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental*. Universidad Complutense de Madrid. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/9445/1/MemoriaEIA09.pdf>
- Daly, H. (1989). *Introducción a la economía en estado estacionario*, en Herman Daly (comp). *Economía, ecología, ética. Ensayos hacia una economía en estado estacionario*, FCE, México.
- De la Cuesta, C. J. (2014). *Diseño de Instalaciones Solares Térmicas para la Producción de Agua caliente Sanitaria. Aplicación a un Edificio de viviendas*. Sevilla España: Universidad de Sevilla.
- Diario Oficial de la Federación, D. (2014). *ACUERDO QUE ESTABLECE LAS PARTICULARIDADES TÉCNICAS Y LAS FORMULAS PARA LA APLICACION DE METODOLOGAS PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES O COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO*. Obtenido de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5406149#:~:text=La%20emisi%C3%B3n%20de%20CO2,para%20el%20horizonte%20temporal%20determinado](http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5406149#:~:text=La%20emisi%C3%B3n%20de%20CO2,para%20el%20horizonte%20temporal%20determinado).
- Diputados, C. d. (2001). *Evolución y Perspectiva del Sector Energético en México, 1970-2000*. Obtenido de <https://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0512001.pdf>
- Diputados, C. d. (2019). *Ley de Ingresos sobre Hidrocarburos*. Obtenido de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LIH.pdf>
- Domínguez, A., & Geyer, R. (2017). *Photovoltaic waste assessment in México; resources, Conservation an Recycling*. Obtenido de [https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344917302525?casa\\_token=K54avY4t3VwAAAAA:l4KJV9fPkEYEBxlu99AYkSt4K1f1sr6K4h73\\_exvjAEjjqylUM\\_xoWeu0fep-SaEZLQCKbebPbou](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344917302525?casa_token=K54avY4t3VwAAAAA:l4KJV9fPkEYEBxlu99AYkSt4K1f1sr6K4h73_exvjAEjjqylUM_xoWeu0fep-SaEZLQCKbebPbou)
- E.Eólica. (2014). *La Energía Eólica*. Obtenido de [https://jarabo.webs.ull.es/VirtualDoc/Curso%202013-2014/Energ%C3%ADas%20renovables%20\(Tecnolog%C3%ADa%20Energ%C3%A9tica\)/3\\_Eolica/Eolica\\_Resumen.pdf](https://jarabo.webs.ull.es/VirtualDoc/Curso%202013-2014/Energ%C3%ADas%20renovables%20(Tecnolog%C3%ADa%20Energ%C3%A9tica)/3_Eolica/Eolica_Resumen.pdf)

- Economista, E. (2021). Pemex tiene 36% de la deuda de alto riesgo en América Latina. Obtenido de <https://www.economista.com.mx/empresas/Pemex-tiene-36-de-la-deuda-de-alto-riesgo-en-America-Latina-20210506-0069.html>
- EfectoLED. (2018). Energía solar. Obtenido de <https://www.efectoled.com/blog/es/energia-solar/>
- ENERDATA, E. y. (2020). Anuario estadístico. doi:<https://datos.enerdata.net/energias-renovables/produccion-electricidad-renovable.html>
- EnergiaSolar365. (2011). ¿Qué son los colectores solares? (E. S. 365, Ed.) Obtenido de <https://www.energiasolar365.com/articulos/que-son-los-colectores-solares>
- Energy, B. (2021). *Transition Investment Trends*. Obtenido de [https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Energy-Transition-Investment-Trends\\_Free-Summary\\_Jan2021.pdf](https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Energy-Transition-Investment-Trends_Free-Summary_Jan2021.pdf)
- Enérgya, G. V. (2018). ¿Cuál es la mejor energía renovable? Obtenido de <https://www.energyvm.es/cual-es-la-mejor-energia-renovable/>
- Fernández, D. R., Sánchez, T. R., Lucas, G. B., & García, A. J. (2018). *Principios de fotoelectroquímica*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Fernández, M. M. (2020). *Cogeneración, una herramienta para una transición energética ordenada*. Ciencia al descubierto. Obtenido de <http://transicionenergetica.ineel.mx/Articulos/CD3n2v2.pdf>
- Filippin, F. A., & Fasoli, H. J. (2021). Sistemas Fotofísico y Fotoquímico con Semiconductores para la Conversión de energía Solar. 32. Anales AFA. Obtenido de <https://anales.fisica.org.ar/journal/index.php/analesafa/article/view/2278/2700>
- Flores, T. D., Fung, G. M., & Barragán, L. A. (2014). Energía Solar, una energía alternativa ante el cambio Climático. doi: <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a17n33.367>
- Foladori, G. (2005). *Modernización Ecológica, Cambio Tecnológico y Globalización*. doi:<https://doi.org/10.22136/est002005308>
- Foster, J. B. (2000). Marx's Ecology. *Montly Review Press, Nueva York*.
- García, K. (2021). *Pemex mantendrá flujos y notas negativas por proyectos de refinación: Moody's*. El Economista. Obtenido de <https://www.economista.com.mx/empresas/Pemex-mantendra-flujos-y-notas-negativas-por-proyectos-de-refinacion-Moody-s-20210629-0081.html>
- García, V. M. (1999). *Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo*. IEPALA. Obtenido de [https://books.google.tt/books?id=43uE8RFk\\_6YC&printsec=copyright&hl=es&source=gbps\\_pub\\_info\\_r#v=onepage&q&f=false](https://books.google.tt/books?id=43uE8RFk_6YC&printsec=copyright&hl=es&source=gbps_pub_info_r#v=onepage&q&f=false)

- García-Johnson, R. (2000). Exporting Environmentalisms, US Multinational Chemical Corporations in Brazil and México. *The MIT Press, Cambridge, Massachusetts and London*.
- GEM. (2021). *Reporte Anual*. Monitor, Global Energy.
- Giménez, E. J. (2019). *La hora del hidrógeno Verde*. Fundación Dialnet. Obtenido de [https://www.sedigas.es/uploads/gasactual/archivos/52/doc/es/GasActual\\_153.pdf](https://www.sedigas.es/uploads/gasactual/archivos/52/doc/es/GasActual_153.pdf)
- Gómez, R. J. (2011). *Atlas Agroclimático de la República Mexicana*. UNAM: Departamento de Geografía. Obtenido de <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal9/Nuevatecnologias/Sig/10.pdf>
- Gómez, R. P. (2007). *Un Planeta en Busca de Energía*. Editorial Síntesis.
- González, D. I., Hernández, G. C., Nuñez, P. V., & Rúa, R. E. (2020). *Aplicación de la energía solar térmica en la Actualidad*. Boyacá Colombia: Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Santo Tomás Tunja. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/345327539\\_Aplicacion\\_de\\_la\\_energia\\_solar\\_termica](https://www.researchgate.net/publication/345327539_Aplicacion_de_la_energia_solar_termica)
- González, N. (2019). *CFE y Pemex instalarán 6 centrales de cogeneración*. CDMX: El dinero en imagen. Obtenido de <https://www.dineroenimagen.com/empresas/cfe-y-pemex-instalaran-6-centrales-de-cogeneracion/117825>
- González, V. J. (2009). *Energías Renovables*. Madrid España: Reverté, S. A. Obtenido de <https://docplayer.es/50663851-Energias-renovables-jaime-gonzalez-velasco.html>
- GoogleEarth. (2021). Complejo Procesador de Gas Nuevo Pemex. Obtenido de <https://earth.google.com/web/search/complejo+procesador+de+gas+nuevo+pemex/@17.8641351,-93.1198812,33.38442238a,999.79047854d,35y,0h,45t,0r/data=CpEBGmcSYQoIMHg4NwVjMmQxNjY0NjZiZWl1OjB4OTE3OWRlNzEwNzdjYzA2YRl0zn1N90xQCHvWTlirEdXwComY29tcGxlam8gcHJvY2VzYW>
- GoogleMaps. (2021). Ubicación del Complejo Procesador de Gas de Nuevo Pemex. Obtenido de <https://www.google.com/maps/dir/17.9862317,-92.9523526/nuevo+pemex/@17.9261287,-97.5368276,6z/data=!4m9!4m8!1m1!4e1!1m5!1m1!1s0x85ec2d166466e1b1:0x9179de71077cc06a!2m2!1d-93.1198812!2d17.8641351>
- GreenPeace. (2019). Base de datos de puntos críticos de emisiones globales de SO<sub>2</sub>. Obtenido de <https://www.greenpeace.org/static/planet4-mexico-stateless/2019/08/ae5fe956-reporte-de-puntos-criticos-de-contaminaci%C3%B3n-por-so2-2.pdf>
- GreenPeace. (s.f.). Base de datos de puntos críticos de emisiones globales de SO<sub>2</sub>.

- Grimes, C. A., Varghese, O. K., & Ranjan, S. (2008). *Light, Water, Hydrogen. The Solar Generation of Hydrogen by Water Photoelectrolysis*. New York: Springer. Obtenido de <https://pdfroom.com/books/light-water-hydrogen-the-solar-generation-of-hydrogen-by-water-photoelectrolysis/jE1d4xNvdOb>
- Guerrero, C. M. (2017). *Cinética de la saturación en células fotovoltaicas de silicio amorfo y posterior mejora en los procesos de estabilización inicial debido a la exposición a la radiación solar*. España: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/86284/MATEO%20-%20Cin%C3%A9tica%20de%20la%20saturaci%C3%B3n%20en%20c%C3%A9lulas%20fotovoltaicas%20de%20silicio%20amorfo%20y%20posterior%20mejora%20e..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, L. (2018). *KIA y Hyundai desarrollan nuevo sistema de paneles solares para recargar autos eléctricos*. AutoCosmos. Obtenido de <https://noticias.autocosmos.com.mx/2018/11/07/kia-y-hyundai-desarrollan-nuevo-sistema-de-paneles-solares-para-recargar-sus-autos-electricos>
- Herraéz, M. (2021). *Lightyear One: Eléctrico, con techo solar y 710 kilómetros de Autonomía*. El Motor. Obtenido de <https://motor.elpais.com/electricos/lightyear-one-coche-electrico-con-techo-solar-autonomia/>
- IEA. (2020). *Renewables 2020, analysis and forecast to 2021*. International Energy Agency. Obtenido de [https://iea.blob.core.windows.net/assets/1a24f1fe-c971-4c25-964a-57d0f31eb97b/Renewables\\_2020-PDF.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/1a24f1fe-c971-4c25-964a-57d0f31eb97b/Renewables_2020-PDF.pdf)
- IPCC. (2014). *Cambio Climático 2014, Informe de Sintesis*. Obtenido de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf)
- IRENA. (2015). *Renewable Energy Prospects: México*. International Renewable Energy Agency. Obtenido de <https://www.irena.org/publications/2015/May/Renewable-Energy-Prospects-Mexico>
- IRENA. (2019). Estadísticas de Capacidad Renovable. Obtenido de [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Mar/IRENA\\_RE\\_Capacity\\_Statistics\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2019.pdf)
- IRENA. (2020). Estadísticas de Capacidad Renovable. Obtenido de [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Mar/IRENA\\_RE\\_Capacity\\_Statistics\\_2020.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2020.pdf)
- ITA. (2021). *México - Country Commercial Guide*. International Trade Administration. Obtenido de <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/mexico-renewable-energy>
- Jawerth, N. (2020). *¿Qué es la transición a una energía limpia y cómo encaja la energía nucleoelectrónica?* Obtenido de <https://www.iaea.org/es/la-energia-nucleoelectrica-y->

la-transicion-a-una-energia-limpia/que-es-la-transicion-a-una-energia-limpia-y-como-encaja-la-energia-nucleoelectrica

- Jessop, S., & Eschenbacher, S. (2020). *Exclusive: Leading climate action investor group turns focus to México's Pemex*. Londres-México: Reuters. Obtenido de <https://www.reuters.com/article/us-climate-change-pemex-investors-exclusive/idUSKBN25H20M>
- Johnson, S. J. (2021). *Análisis del impacto de emisiones y sustentabilidad por sustitución de combustive en el sector de transporte público*. Pág. 4: Universidad Autónoma Del estado de Morelos. Obtenido de <http://riaa.uaem.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1667/JOSJNR02T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- José, I. J. (2017). *Identificación y evaluación de impactos ambientales en el Campus Ciudad Universitaria, Universidad Autónoma del Estado de México, Cerro de Coatepec, Toluca México*. vol.27 no.3 México may./jun.: Acta Universitaria. doi:<https://doi.org/10.15174/au.2017.1249>
- Kerschner, C., Bermejo, G. d., & Arto, O. I. (2010). *Petróleo y Carbón: del cénit del petróleo al cénit del carbón*. Obtenido de <https://www.ecologiapolitica.info/?p=4682>
- Leach, N. J., Millar, R. J., Haustein, K., Jenkins, S., Graham, E., & Allen, M. R. (2018). *Current level and rate of warming determine emissions budgets under ambitious mitigation*. Nature Geosci. Obtenido de <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0156-y>
- Lewis, N. S., & Nocera, D. G. (2006). *Powering the planet: Chemical challenges in solar energy utilization*. Vol 103 ( 43) 15729-35: Proceedinsg of the National Academy of Sciences (PNAS). Obtenido de <https://www.pnas.org/content/104/50/20142.2>
- Lifona, D. G. (2021). *Sono Sion: el coche solar que se recarga solo y cuesta 25.000 euros*. Marca. Obtenido de <https://www.marca.com/coches-y-motos/coches/electricos/2021/01/15/6001359646163f22278b45b2.html>
- Limón, P. A. (2017). *Energía solar en México: su potencial y aprovechamiento*. Obtenido de <https://ciep.mx/energia-solar-en-mexico-su-potencial-y-aprovechamiento/>
- Llamas, T. A. (2014). *Energías limpias, Curso: La nueva Industria eléctrica en México*. Obtenido de [https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/631027/4\\_t6s1\\_c3\\_html\\_contex\\_1.pdf?sequence=1](https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/631027/4_t6s1_c3_html_contex_1.pdf?sequence=1)
- Lopez, C. J. (2006). *Energía Solar Térmica*. Madrid España: IDAE - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- Martí, A. (2019). *Toyota Probará este mes un nuevo Prius PHV con paneles solares, cinco veces más potente y capaz de recargar las baterías en marcha*. Xataca. Obtenido

de <https://www.xataka.com/automovil/toyota-probara-este-mes-nuevo-prius-phv-paneles-solares-cinco-veces-potente-capaz-recargar-baterias-marcha>

- Masera, C. O., Coralli, F., García, B. C., Riegelhaupt, E., Arias, C. T., Vega, G. J., . . . Cecotti, L. (2011). *La Bioenergía en México, Situación actual y perspectivas*. Red Mexicana de Bioenergía, A. C. Obtenido de <https://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2014/12/CT4.pdf>
- Mentado, P. (2020). *Calificadora Moody's degrada a Pemex y a otras compañías petroleras*. Energía Hoy. Obtenido de <https://energiahoy.com/2020/07/31/calificadora-moodys-degrada-a-pemex-y-a-otras-companias-petroleras/>
- Míguez, J. A. (2010). *Energía solar térmica para refrigeración, Fundamentos de energía solar térmica*. U de la R: IFFI. Obtenido de [https://www.fing.edu.uy/sites/default/files/2011/4400/mono\\_JA\\_Miguez.pdf](https://www.fing.edu.uy/sites/default/files/2011/4400/mono_JA_Miguez.pdf)
- Millan. (2012).
- Mobius. (2017). *Tratados internacionales sobre el medio ambiente, ¿Cuáles son?* Obtenido de Mobius.net: <http://mobius.net.co/tratados-internacionales-medio-ambiente/>
- Monllor, S. D. (2010). *Fotoelectroquímica de electrodos semiconductores nanocristalinos: proceso de transferencia de carga y estrategias de mejora de la fotoactividad*. Universidad de Alicante. Obtenido de [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20503/1/tesis\\_damian.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20503/1/tesis_damian.pdf)
- Monsiváis, C. (1985). *Crónica de San Juanico: los hechos, las interpretaciones, las mitologías*. México D. F.: Cuadernos Políticos, número 42, Editorial Era enero-marzo pp. 87-101. Obtenido de <http://www.cuadernospoliticos.unam.mx/cuadernos/contenido/CP.42/42.8.CarlosMonsiv%C3%A1is.pdf>
- Moreno, A. L. (2021). *La responsabilidad corporativa de Pemex a prueba*. México Evalúa. Obtenido de <https://www.mexicoevalua.org/mexicoevalua/wp-content/uploads/2021/06/estudio-caso-pemex-tula-11-junio-final.pdf>
- Nabalía, E. (2018). *¿Cuales son las energías limpias más importantes?* Energía Viva. Obtenido de <https://nabalíaenergia.com/blog/energias-limpas-importantes/>
- Naredo, J. M. (1995). *Sobre el origen, el uso y el significado del término sostenible*. No. 102: Biblioteca CF+S, Documentación Social. Obtenido de <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a004.html>
- NASA. (2021). Power Data Access Viewer. Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>

- Nava, D. (2021). *Pemex aumenta su deuda con el medio ambiente*. Expansión. Obtenido de <https://expansion.mx/empresas/2021/09/14/deuda-creciente-de-pemex-con-medio-ambiente>
- Nava, D. (2021). *Pemex eleva a máximos la emisión de gases contaminantes*. Expansión. Obtenido de <https://expansion.mx/empresas/2021/06/14/pemex-como-contamina-el-medio-ambiente>
- Nieto, A. (2010). *Refrigeración por Absorción: Interés energético e Impacto Ambiental*. Mundo HVACR. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/2010/05/refrigeracion-por-absorcion-interes-energetico-e-impacto-ambiental/>
- Noguera, S. O. (2017). *Factores físicos y de diseño que intervienen en la eficiencia de los paneles solares contruidos con nuevos materiales fotovoltaicos*. Universidad Piloto de Colombia. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/997>
- Noguera, S. o., Pinto, G. R., & Villarreal, P. J. (2018). *La eficiencia de los nuevos materiales fotosensibles usados en la fabricación de paneles solares*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/itec/v15n1/1692-1798-itec-15-01-00007.pdf>
- Notario, E. (2007). ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE UNA PLANTA DE COGENERACIÓN EN PAPELERA GUIPUZCOANA DE ZICUÑAGA S.A. Novotec. Obtenido de <https://xdoc.mx/preview/estudio-de-impacto-ambiental-de-una-planta-de-cogeneracion-5e7bc1bca4b5d>
- Núñez, M., Correa, J., Herrera, G., Gómez, P., Morón, S., & Fonseca, N. (2018). *Estudio de percepción sobre Energía Limpia y auto sostenible*. International Journal of Management Science & Operation Research. Obtenido de <http://ijmsoridi.com/index.php/ijmsor/article/view/89>
- OECD. (2013). Global premature deaths from selected environmental risks: Baeline, 2010 to 2050. Paris. doi:[https://doi.org/10.1787/how\\_life-2013-graph90-en](https://doi.org/10.1787/how_life-2013-graph90-en)
- OISE, O. d. (2020). *Bioenergía*. Obtenido de <https://www.oise.mx/>
- Ojeda, G. (2021). *¿Qué es la energía solar?: Tipos y Beneficios en España*. Selectra. Obtenido de <https://selectra.es/autoconsumo/info/energia-solar>
- Olivera, O., & Davy, A. (2011). *Diseño energético de un suelo radiante para una sala de 12 m2 ubicada a 4000 msnm en Laungui-Cuzco*. Lima: Pontificia Universidad Católica de Perú. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/805>
- Olivera, V. B. (2020). *El camino de México hacia la justicia energética*. Greenpeace. Obtenido de <https://www.greenpeace.org/mexico/publicacion/9593/el-camino-de-mexico-hacia-la-justicia-energetica/>

- ONU. (1971). Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de aves acuáticas. Ramsar, Iran. Obtenido de [https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current\\_convention\\_s.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_s.pdf)
- ONU. (1982). Carta Mundial de la Naturaleza. Naciones Unidas. Obtenido de [http://www.iri.edu.ar/publicaciones\\_iri/manual/Ultima-Tanda/Medio%20Ambiente/7.%20CartaMundialdeLaNaturaleza.pdf](http://www.iri.edu.ar/publicaciones_iri/manual/Ultima-Tanda/Medio%20Ambiente/7.%20CartaMundialdeLaNaturaleza.pdf)
- ONU. (1985). Convenio de Viena para la protección de la Capa de Ozono. Viena, Austria. Obtenido de <http://aplicaciones.sre.gob.mx/tratados/ARCHIVOS/CONVENIO%20CAPA%20DE%20OZONO.pdf>
- ONU. (1987). Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias Agoradoras de la Capa de Ozono. Montreal, Canadá. Obtenido de [http://www.paot.org.mx/leyes/Biblioteca/10\\_Protocolo\\_Montreal.pdf](http://www.paot.org.mx/leyes/Biblioteca/10_Protocolo_Montreal.pdf)
- ONU. (1989). Convenio de Basilea sobre el control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación. Basilea, Suiza. Obtenido de <http://www.basel.int/Portals/4/Basel&20Convention/docs/text/BaselConventionTexts.pdf>
- ONU. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Naciones Unidas. Obtenido de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- ONU. (1992). Convenio sobre la Diversidad Biológica. Rio de Janeiro, Brasil. Obtenido de <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- ONU. (1992). Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Rio de Janeiro, Brasil. Obtenido de <https://transparencia.info,jalisco.gob.mx/sites/default/files/DECLARACI%C3%93N%20DE%20R%C3%8DO%20DE%20JANEIRO.pdf>
- ONU. (1998). Convenio sobre el acceso a la información, la participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia en materia de Medio Ambiente. Aarhus, Dinamarca. Obtenido de [https://www.oas.org/es/sla/ddi/docs/acceso\\_informacion\\_desarrollos\\_convenio\\_aarhus.pdf](https://www.oas.org/es/sla/ddi/docs/acceso_informacion_desarrollos_convenio_aarhus.pdf)
- ONU. (1998). Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Kioto, Japón. Obtenido de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpsan.pdf>
- ONU. (2000). Declaración del Milenio. Asamblea General. Obtenido de <https://www.un.org/spanish/milenio/ares552.pdf>

- ONU. (2000). Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Cartagena, Colombia. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/159678/22.-\\_PROTOCOLO\\_DE\\_CARTAGENA.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/159678/22.-_PROTOCOLO_DE_CARTAGENA.pdf)
- ONU. (2001). Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. Estocolmo, Suecia. Obtenido de [https://aplicaciones.sre.gob.mx/tratados/ARCHIVOS/CONTAMINANTES\\_ORGANICOS.pdf](https://aplicaciones.sre.gob.mx/tratados/ARCHIVOS/CONTAMINANTES_ORGANICOS.pdf)
- ONU. (2015). Acuerdo de París. Francia, París. Obtenido de [https://unfccc.int/files/meetings/paris\\_nov\\_2015/application/pdf/paris\\_agreement\\_spanish\\_.pdf](https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish_.pdf)
- ONU. (2016). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-del-desarrollo-sostenible/>
- Ortega, R. M. (1999). *Energías renovables*. Madrid España: PARANINFO.
- Ortíz, H. (2016). Plantas solares fotovoltaicas: Las 10 mayores del mundo. (EcoSolar, Ed.) Obtenido de <https://www.ecosolaresp.com/plantas-solares-fotovoltaicas-las-10-mayores-del-mundo/>
- Ovalle, C. R. (2014). *Sociedad fotovoltaica*. Revista chilena de ingeniería: Ingeniare. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052014000100001>
- Palomino, B. R. (2014). Aplicaciones de la energía solar de baja temperatura. Obtenido de <https://solartermicabajatemperatura.wordpress.com/2014/10/16/aplicaciones-de-la-energia-solar-a-baja-temperatura/>
- Paneque, M., Román, F. C., Vásquez, P. R., Arriaza, J. M., Morales, D., & Zulantay, M. (2011). *Bioenergía en Chile*. Alfabeta Artes Gráficas. Obtenido de 1. <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/178573/Bioenergia-en-Chile.pdf?sequence=1>
- Pardo, R. (2000). *Nuestro futuro común: el informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/s5780s09.htm>
- Pau, F. I. (2015). *La investigación científica y tecnológica en materia de energía renovable en México: Efecto de la reforma energética 2014*. IPN. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/106013/Formatger%20i%20Garcia%2c%20Pau.%20LA%20INVESTIGACI%2b%2c%3%b4N%20CINET%2b%2c%3%acFICA%20Y%20TECNOL%2b%2c%3%b4GICA%20EN%20M%2b%2c%3%abXICO%2c%20EFECTO%20DE%20LA%20REFORMA%20ENERG%2b%2c%3%abTICA%202014.%20~1.pdf>

- Pazos, L. (2021). *Pemex de mal en peor*. El Financiero. Obtenido de <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/luis-pazos/2021/07/06/pemex-de-mal-a-peor/>
- PEMEX. (2010). Proyecto de Cogeneración en Nuevo Pemex. Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/read/15756727/proyecto-de-cogeneracion-de-nuevo-pemex-comision->
- PEMEX. (2015). *Suscribe Pemex contratos para la adquisición de etanol anhidro*. Boletines nacionales 08/04/2015 | 36. Obtenido de [https://www.pemex.com/saladeprensa/boletines\\_nacionales/Paginas/2015-036-nacional.aspx](https://www.pemex.com/saladeprensa/boletines_nacionales/Paginas/2015-036-nacional.aspx)
- PEMEX. (2021). *Base de Datos Institucional*. CDMX. Obtenido de [https://ebdi.pemex.com/bdi/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=GBALGSE\\_G](https://ebdi.pemex.com/bdi/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=GBALGSE_G)
- PEMEX. (2021). Histórico de Informes. Obtenido de [https://www.pemex.com/etica\\_y\\_transparencia/transparencia/informes/Paginas/informes.aspx](https://www.pemex.com/etica_y_transparencia/transparencia/informes/Paginas/informes.aspx)
- PEMEX. (2021). *Pemex Informes Etica y Transparencia*. Obtenido de [https://www.pemex.com/etica\\_y\\_transparencia/transparencia/informes/Paginas/informes.aspx](https://www.pemex.com/etica_y_transparencia/transparencia/informes/Paginas/informes.aspx)
- Perales, T. (2007). *Instalación de paneles solares térmicos*.
- Pérez, D. E., Fernández, L. F., Vilariño, A. D., Montaña, Z. L., & Maldonado, L. L. (2017). *Renewable Energy sources for electricity generation in México: A review*. Renewable and Sustainable energy Reviews. Obtenido de [https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117306342?casa\\_to ken=KFTMGc9D2pEAAAAA:9l\\_Qi1rjFaTk4dDCazM8ZxsAZ5LRKomm9MhK\\_JtdRMfvY947JBVwOgO836OvWWL1IXy2iSgTL1zD](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117306342?casa_to ken=KFTMGc9D2pEAAAAA:9l_Qi1rjFaTk4dDCazM8ZxsAZ5LRKomm9MhK_JtdRMfvY947JBVwOgO836OvWWL1IXy2iSgTL1zD)
- Pischke, E. C., Solomon, B., Adam, W., Acevedo, A., Eastmond, A., De Oliviera, F., . . . Lucon, O. (2019). *From Kyoto to Paris: Measuring renewable energy policy regimens in Argentina, Brazil, Canada, México and the United States*. ISSN 2214-6296. Obtenido de [https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629618301245?casa\\_to ken=\\_D-DuQ6gfc4AAAAA:0RY-WsYhkzUpX8TVUDyKEVqSKnGmBaEOMr3AVw-\\_Gv1XLRJ6NNTip5YFtQ-APX1dJmDDG-AemG1U](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629618301245?casa_to ken=_D-DuQ6gfc4AAAAA:0RY-WsYhkzUpX8TVUDyKEVqSKnGmBaEOMr3AVw-_Gv1XLRJ6NNTip5YFtQ-APX1dJmDDG-AemG1U)
- Planas, O. (2015). *Energía Solar Térmica de Alta Temperatura*. Energía Solar. Obtenido de <https://solar-energia.net/energia-solar-termica/alta-temperatura>
- Pousa, J. L., Dragani, W. C., Mazio, C. A., & Lanfredi, N. W. (1995). *La energía oceánica en el Atlántico sudoccidental, posibilidades e impacto ambiental*.

- Presidencia, d. l. (2016). *Decreto promulgatorio del Acuerdo de París*. Gobierno de México: Diario Oficial de la Federación. doi:<https://doi.org/10.32468/rept-sit-cred.tr3-2020>
- Priddle, R. (1999). *Energía y Desarrollo Sostenible*. Boletín del OIEA. Obtenido de [https://www.iaea.org/sites/default/files/41104080206\\_es.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/41104080206_es.pdf)
- Puig, P., & Jofra, M. (2008). *Energía Solar Fotovoltaica*. Energy Management Agency. Obtenido de [http://www.instalacionesindustriales.es/documentos/divrenovables/cuaderno\\_FOTOVOLTAICA.pdf](http://www.instalacionesindustriales.es/documentos/divrenovables/cuaderno_FOTOVOLTAICA.pdf)
- Ramos, G. L., & Montenegro, F. M. (2012). *Las centrales hidroeléctricas en México: pasado, presente y futuro*. Vol. III, núm. 2: Tecnología y Ciencias del Agua. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v3n2/v3n2a7.pdf>
- Rathi, A. (2020). *Pemex is no longer active in Oil Industry's Key Climate Group*. Energy & Science. Obtenido de <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-12-02/pemex-is-no-longer-active-in-oil-industry-s-key-climate-group>
- Rivas, P. (2021). ¿CÓMO FUNCIONA LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA? (I. y. Energética, Ed.) Obtenido de <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/como-funciona-la-energia-solar-termica/>
- Romero, J. (1994). *Energía, emisiones y precios relativos*. El Colegio de México, México: Editorial A. Yúñez-Naude. Medio Ambiente: problemas y soluciones.
- Romo, R. D. (2015). *La situación de Pemex ante el contexto de la apertura de la industria petrolera en México*. Universidad Autónoma Metropolitana. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/413/41344590005/html/>
- Rovina, M. (2018). *De 2°C a 1.5. °C, medio grado crucial*. Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20181210/453485814370/ipcc-calentamiento-global-cambio-climatico-temperatura-2-grad0s-15-grad0s.html>
- Sánchez, V. (2014). *Sonora podría abastecer de energía a todo México con tecnología fotovoltaica*. Agencia Informativa Conacyt. Obtenido de 1. <http://www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/energia/329-reportaje-con-la-radiacion-solar-que-recibe-el-1-de-sonora-se-podria-generar-energia-suficiente-para-todo-el-pais>
- Sandoval, A. (2019). Pemex, la historia de una empresa que ha vivido para pagar impuestos. (R. A. Nivel, Ed.) CDMX. Obtenido de <https://www.altonivel.com.mx/empresas/pemex-historia-empresa-pagar-impuestos/>
- Santos, S. (2011). Energías Renovables. Obtenido de <https://santossantiago91.wordpress.com/?app-download=nokia>

- Sanz, O. J. (2008). *Energía Hidroeléctrica*. Prensas Universitarias Zaragoza. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=okGwHH1TePoC&oi=fnd&pg=PA1&dq=hidroelectrica+osorio+2008&ots=THgkPjgtbb&sig=rWWc02jMLS6DkIbMIBeZnMaiHlg#v=onepage&q=hidroelectrica%20osorio%202008&f=false>
- Sarmiento, P. (2007). *Energía solar en arquitectura y construcción*. R IL Editores.
- Sastre, A. A. (2016). *Análisis de Colectores Solares de Media Temperatura*. Madrid España: Universidad Carlos III. Obtenido de <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/23958>
- SEMARNAT. (2019). *Planta Fotovoltaica Saturno Solar, Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional*. Estado de Hidalgo. Obtenido de <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/hgo/estudios/2019/13HI2019E0019.pdf>
- SEMARNAT. (2019). Proyecto: Planta fotovoltaica “saturno solar” manifestación de impacto ambiental modalidad regional. Obtenido de <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/hgo/estudios/2019/13HI2019E0019.pdf>
- SENER. (2014). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2014-2028*. Gobierno de México: Secretaría de Energía. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62947/Sector\\_EI\\_ctrico\\_2014-2028.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62947/Sector_EI_ctrico_2014-2028.pdf)
- SENER. (2020). *Marco Jurídico del Reporte de Avance de Energías Limpias*. Gobierno de la República: Secretaría de Energía. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/610964/Cap10\\_-\\_Marco\\_Juri\\_dico\\_Reporte\\_Avance\\_de\\_Energi\\_as\\_Limpias\\_WEB.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/610964/Cap10_-_Marco_Juri_dico_Reporte_Avance_de_Energi_as_Limpias_WEB.pdf)
- SENER. (2021). *Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía*. Obtenido de <https://www.gob.mx/sener/articulos/el-fondo-para-la-transicion-energetica-y-el-aprovechamiento-sustentable-de-la-energia-es-un-instrumento-de-politica-publica-de-la-secretaria>
- SENER. (2021). *Programa de desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2021-2025*. Gobierno de México: Secretaría de Energía. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/649445/PRODESEN\\_CAP\\_TULO\\_1\\_-\\_2\\_-\\_3.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/649445/PRODESEN_CAP_TULO_1_-_2_-_3.pdf)
- Senmache, A. M. (2018). *Diseño de sistema de Riego Tecnificado Utilizando Energía Solar Fotovoltaica para Plantación de 2.18 HA de Paltas en el Fundo Prada*. Distrito de Motupe, Provincia y Departamento de Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/2635/BC-TES-TMP-1510.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Serrano, R. (2020). *Eficiencia del Panel Solar (Parte I)*. Tritec Intervento. Obtenido de <https://tritec-intervento.cl/eficiencia-del-panel-solar-parte-i/>
- SHCP. (2019). *Metodología de Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Transición Energética en Edificios Públicos*. Gobierno de México: Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Obtenido de [https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/documentos/3\\_TE\\_Metodolog%C3%ADaESP\\_Nov2019.pdf](https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/documentos/3_TE_Metodolog%C3%ADaESP_Nov2019.pdf)
- SHCP. (2021). *Política de Gasto del Ejecutivo Federal*. Gobierno de la República: Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Obtenido de [https://www.ppef.hacienda.gob.mx/work/models/PPEF2021/docs/exposicion/EM\\_Capitulo\\_1.pdf](https://www.ppef.hacienda.gob.mx/work/models/PPEF2021/docs/exposicion/EM_Capitulo_1.pdf)
- Simón, A. (2019). *Vergonzoso: México cuarto lugar global de emisiones de dióxido de azufre y quiere más*. GreenPeace.
- Singular, B. (2015). *Fitch, Moody's y standard & Poor's: ¿Qué son y cómo funcionan las agencias de calificación?* Self Bank. Obtenido de <https://blog.selfbank.es/fitch-moodys-y-standard-poors-que-son-y-como-funcionan-las-agencias-de-calificacion/>
- Solar, E. (2019). *Energía solar*. Obtenido de <https://solar-energia.net/energia-solarfotovoltaica/panel-fotovoltaico>
- Solaymani, S. (2019). *CO2 emissions patterns in 7 top carbon emitter economies; The case of transport sector Energy*. 168, 989 - 1001. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.145>
- Sopelia. (2017). *Colector Solar Térmico*. Obtenido de <https://www.energiasolar.lat/colector-solar-termico/>
- Stefansson, V. (2000). *The renewability of geothermal energy*. Japón: Proc. World Geothermal Energy.
- Suárez, K. (2021). *La pandemia agudiza la crisis de Pemex*. El País. Obtenido de <https://elpais.com/mexico/economia/2021-02-01/la-pandemia-agudiza-la-crisis-de-pemex.html>
- Tapia, C. P. (2021). *Pemex presume que paga más impuestos que otras grandes empresas*. Forbes. Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/politica-pemex-presume-que-paga-mas-impuestos-que-otras-grandes-empresas/>
- Tobajas, V. C. (2018). *Energía solar fotovoltaica*. Murcia España: Cano Pina.
- Tron, P. F. (2008). *Energías Limpias*. Madrid, España. Recuperado el junio de 2021, de <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-energia-limpia.html>

- Ulloa, H., García, M., Pérez, A., Meulenert, A., & Ávila, D. (2011). *Clima y radiación solar en las grandes ciudades: Zona Metropolitana de Guadalajara*. Jalisco, México. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/176/17624330009.pdf>
- Ulloa, T. M. (2020). *Energía oceánica en México: Un tesoro que emerge*. Revista Agua y Ambiente # 58. Obtenido de <https://aguayambiente.com/2020/07/01/energia-oceanica-mexico-tesoro-emerge/>
- Vargas, V. M. (1991). *La Refinería 28 de marzo y los centros de abasto de Pemex, originan 103 mil toneladas de contaminantes al año*. Uno mas Uno. Obtenido de <https://www.files.cenapred.unam.mx/es/BibliotecaVirtual/1991C3/1991-3-19-C3-N88.PDF>
- Vidriales, E. L. (2007). *Colector de Canal Parabólico para Generación Directa de Vapor para Calor de Proceso*. CDMX: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <https://www.ier.unam.mx/~ojs/pub/Tesis/1.pdf>
- Villar, M. (2019). *Los países del mundo que encabezan el uso de energías renovables*. Energya Grupo Villar Mir. Obtenido de <https://www.energyavm.es/los-paises-del-mundo-que-encabezan-el-uso-de-energias-renovables/>
- Villareal, J., & Tornel, C. (2017). *La Transición Energética en México: Retos y oportunidades para una política ambientalmente sustentable y socialmente inclusiva*. Friedrich-Ebert-Stiftung en México. Obtenido de <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/13901-20171211.pdf>
- Vohra, K., Vodonos, A., Schwartz, J., Marais, E. A., Sulprizio, M. P., & Mickley, L. J. (2021). Global Mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel combustion. Results from GEOS-Chem. En *Environment Research, Volume 195*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110754>
- Von Vertrab, É. (2021). *Energía Eólica: la lucha por el viento en México*. Año LVII, No. 482: MAGIS. Obtenido de <https://magis.iteso.mx/nota/energia-eolica-la-lucha-por-el-viento-en-mexico/>
- Von Weizsäcker, E. V., Amory, B. L., & Hunter, L. L. (1997). Factor Four: Doubling Wealth, Halving Resource Use. *Earthscan, London*.
- Zabala, D. (2021). *Una historia de dos regiones: Emisiones de metano en el sector hidrocarburos en México*. EDF México. Obtenido de <https://www.edf.org/media/cientificos-documentan-emisiones-de-metano-elevadas-en-los-estados-del-golfo-de-mexico>
- Zarco, J. (2021). *Petróleo y Energías Renovables*. México: PV Magazine. Obtenido de <https://www.conexiones365.com/nota/mirec/energias-renovables/petroleo-y-renovables-greenpeace>

Zarza, M. E. (2003). *Generación Directa de Vapor con colectores Solares Cilindro Parabólicos*. Universidad de Sevilla. Obtenido de <https://idus.us.es/handle/11441/15300>

Zavaleta, G. E., & Camarena, M. L. (1991). *La columna de humo de la refinería 18 de marzo, provocó pánico en colonias aledañas*. Uno mas Uno. Obtenido de <https://www.files.cenapred.unam.mx/es/BibliotecaVirtual/1991C13/1991-1-22-C13-N93.PDF>

# Anexos.

## Anexo 1. Matrices de Impacto Ambiental

### Matriz de Impactos Sistema Solar Fotovoltaico

Num	Componentes Ambio	Factor	Impacto Ambiental	Etapas	C	P	E	M	D	a	b	Ca	IA
1	Suelo	Erosión	Pérdida de suelo	PS	-1	0.4	0.2	0.8	0.8	7	3	-1.4080	Muy bajo
2	Suelo	Calidad	Contaminación del suelo por mal manejo de residuos	PS	-1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	-0.3140	Muy bajo
3	Suelo	Relieve	Modificación de las formas terrestres naturales de la superficie.	PS	-1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	-0.3140	Muy bajo
4	Agua	Hidrología superficial	Modificación de los patrones naturales de drenaje superficial	PS	-1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	-0.3140	Muy bajo
5	Agua	Hidrología subterránea	Modificación de los patrones naturales de drenaje subterráneo	PS	-1	0.1	0.8	0.2	0.1	7	3	-0.1420	Muy bajo
6	Aire	Calidad	Contaminación del aire por emisión de ruido, partículas suspendidas y gases de combustión	PS	-1	0.1	1	0.2	0.1	7	3	-0.1700	Muy bajo
7	Aire	Confort sonoro	Por el aumento de niveles de ruido en el ambiente ocasionado por el uso de maquinaria y equipo	PS	-1	0.4	0.2	0.8	0.8	7	3	-1.4080	Muy bajo
8	Flora	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	PS	-1	0.4	0.2	1	0.3	7	3	-0.9200	Muy bajo
9	Fauna	Individuos de especies de fauna	Afectación de individuos de especies de fauna	PS	-1	0.4	0.2	1	0.3	7	3	-0.9200	Muy bajo
10	Ecosistemas	Hábitats	Pérdida de hábitats	PS	-1	0.4	0.2	1	0.3	7	3	-0.9200	Muy bajo
11	Paisaje	Calidad visual	Alteración o modificación de los paisajes naturales.	PS	-1	0.1	0.6	0.4	0.3	7	3	-0.2580	Muy bajo

Num	Componentes Ambio	Factor	Impacto Ambiental	Etapas	C	P	E	M	D	a	b	Ca	IA
1	Suelo	Erosión	Pérdida de suelo	C	1	0.4	1	0.4	0.1	7	3	1.2400	Muy bajo
2	Suelo	Calidad	Contaminación del suelo por mal manejo de residuos	C	-1	0.1	0.8	0.2	0.3	7	3	-0.2020	Muy bajo
3	Suelo	Relieve	Modificación de las formas terrestres naturales de la superficie.	C	-1	0.1	0.8	0.2	0.3	7	3	-0.2020	Muy bajo
4	Agua	Hidrología superficial	Modificación de los patrones naturales de drenaje superficial	C	-1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	-0.3140	Muy bajo
5	Agua	Hidrología subterránea	Modificación de los patrones naturales de drenaje subterráneo	C	-1	0.1	0.8	0.2	0.1	7	3	-0.1420	Muy bajo
6	Aire	Calidad	Contaminación del aire por emisión de ruido, partículas suspendidas y gases de combustión	C	-1	0.1	1	0.2	0.1	7	3	-0.1700	Muy bajo
7	Aire	Confort sonoro	Por el aumento de niveles de ruido en el ambiente ocasionado por el uso de maquinaria y equipo	C	-1	0.1	1	0.2	0.1	7	3	-0.1700	Muy bajo
8	Flora	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	C									
9	Fauna	Individuos de especies de fauna	Afectación de individuos de especies de fauna	C	-1	0.1	1	0.2	0.3	7	3	-0.2300	Muy bajo
10	Ecosistemas	Hábitats	Pérdida de hábitats	C									
11	Paisaje	Calidad visual	Alteración o modificación de los paisajes naturales.	C	-1	0.1	1	0.2	0.3	7	3	-0.2300	Muy bajo

Num	Componentes Ambio	Factor	Impacto Ambiental	Etapas	C	P	E	M	D	a	b	Ca	IA
1	Suelo	Erosión	Pérdida de suelo	OM									
2	Suelo	Calidad	Contaminación del suelo por mal manejo de residuos	OM									
3	Suelo	Relieve	Modificación de las formas terrestres naturales de la superficie.	OM	-1	0.1	0.8	0.2	0.3	7	3	-0.2020	Muy bajo
4	Agua	Hidrología superficial	Modificación de los patrones naturales de drenaje superficial	OM	-1	0.4	0.8	0.4	0.3	7	3	-1.2560	Muy bajo
5	Agua	Hidrología subterránea	Modificación de los patrones naturales de drenaje subterráneo	OM									
6	Aire	Calidad	Contaminación del aire por emisión de ruido, partículas suspendidas y gases de combustión	OM									
7	Aire	Confort sonoro	Por el aumento de niveles de ruido en el ambiente ocasionado por el uso de maquinaria y equipo	OM									
8	Flora	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	OM									
9	Fauna	Individuos de especies de fauna	Afectación de individuos de especies de fauna	OM	-1	0.1	1	0.2	0.3	7	3	-0.2300	Muy bajo
10	Ecosistemas	Hábitats	Pérdida de hábitats	OM									
11	Paisaje	Calidad visual	Alteración o modificación de los paisajes naturales.	OM									

## Matriz de Impactos Sistema Solar Térmico

Num	Componentes Ambientales	Factor	Impacto Ambiental	Etapa	C	P	E	M	D	a	b	Ca	IA
1	Suelo	Erosión	Pérdida de suelo	PS	-1	0.4	0.2	0.8	0.8	7	3	-1.4080	Muy bajo
2	Suelo	Calidad	Contaminación del suelo por mal manejo de residuos	PS	-1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	-0.3140	Muy bajo
3	Suelo	Relieve	Modificación de las formas terrestres naturales de la superficie.	PS	-1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	-0.3140	Muy bajo
4	Agua	Hidrología superficial	Modificación de los patrones naturales de drenaje superficial	PS	-1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	-0.3140	Muy bajo
5	Agua	Hidrología subterránea	Modificación de los patrones naturales de drenaje subterráneo	PS	-1	0.1	0.8	0.2	0.1	7	3	-0.1420	Muy bajo
6	Aire	Calidad	Contaminación del aire por emisión de ruido, partículas suspendidas y gases de combustión	PS	-1	0.1	1	0.2	0.1	7	3	-0.1700	Muy bajo
7	Aire	Confort sonoro	Por el aumento de niveles de ruido en el ambiente ocasionado por el uso de maquinaria	PS	-1	0.1	1	0.2	0.1	7	3	-0.1700	Muy bajo
8	Flora	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	PS	-1	0.4	0.2	0.8	0.8	7	3	-1.4080	Muy bajo
9	Fauna	Individuos de especies de fauna	Afectación de individuos de especies de fauna	PS	-1	0.4	0.2	1	0.3	7	3	-0.9200	Muy bajo
10	Ecosistemas	Hábitats	Pérdida de hábitats	PS	-1	0.4	0.2	1	0.3	7	3	-0.9200	Muy bajo
11	Paisaje	Calidad visual	Alteración o modificación de los paisajes naturales.	PS	-1	0.1	0.6	0.4	0.3	7	3	-0.2580	Muy bajo
<b>Num</b>	<b>Componentes Ambientales</b>	<b>Factor</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Etapa</b>	<b>C</b>	<b>P</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>D</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>Ca</b>	<b>IA</b>
1	Suelo	Erosión	Pérdida de suelo	C	1	0.4	1	0.4	0.1	7	3	1.2400	Muy bajo
2	Suelo	Calidad	Contaminación del suelo por mal manejo de residuos	C	-1	0.1	0.8	0.2	0.3	7	3	-0.2020	Muy bajo
3	Suelo	Relieve	Modificación de las formas terrestres naturales de la superficie.	C	-1	0.1	0.8	0.2	0.3	7	3	-0.2020	Muy bajo
4	Agua	Hidrología superficial	Modificación de los patrones naturales de drenaje superficial	C	-1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	-0.3140	Muy bajo
5	Agua	Hidrología subterránea	Modificación de los patrones naturales de drenaje subterráneo	C	-1	1	0.4	0.6	0.8	7	3	-4.0800	Media
6	Aire	Calidad	Contaminación del aire por emisión de ruido, partículas suspendidas y gases de combustión	C	-1	0.1	1	0.2	0.1	7	3	-0.1700	Muy bajo
7	Aire	Confort sonoro	Por el aumento de niveles de ruido en el ambiente ocasionado por el uso de maquinaria	C	-1	0.1	1	0.2	0.1	7	3	-0.1700	Muy bajo
8	Flora	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	C									
9	Fauna	Individuos de especies de fauna	Afectación de individuos de especies de fauna	C	-1	0.1	1	0.2	0.3	7	3	-0.2300	Muy bajo
10	Ecosistemas	Hábitats	Pérdida de hábitats	C									
11	Paisaje	Calidad visual	Alteración o modificación de los paisajes naturales.	C	-1	0.1	1	0.2	0.3	7	3	-0.2300	Muy bajo

Num	Componentes Ambientales	Factor	Impacto Ambiental	Etapa	C	P	E	M	D	a	b	Ca	IA
1	Suelo	Erosión	Pérdida de suelo	OM									
2	Suelo	Calidad	Contaminación del suelo por mal manejo de residuos	OM									
3	Suelo	Relieve	Modificación de las formas terrestres naturales de la superficie.	OM	-1	0.1	0.8	0.2	0.3	7	3	-0.2020	Muy bajo
4	Agua	Hidrología superficial	Modificación de los patrones naturales de drenaje superficial	OM	-1	0.4	0.8	0.4	0.3	7	3	-1.2560	Muy bajo
5	Agua	Hidrología subterránea	Modificación de los patrones naturales de drenaje subterráneo	OM									
6	Aire	Calidad	Contaminación del aire por emisión de ruido, partículas suspendidas y gases de combustión	OM									
7	Aire	Confort sonoro	Por el aumento de niveles de ruido en el ambiente ocasionado por el uso de maquinaria	OM	-1	1	1	0.2	0.1	7	3	-1.7000	Muy bajo
8	Flora	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	OM									
9	Fauna	Individuos de especies de fauna	Afectación de individuos de especies de fauna	OM	-1	0.1	1	0.2	0.3	7	3	-0.2300	Muy bajo
10	Ecosistemas	Hábitats	Pérdida de hábitats	OM									
11	Paisaje	Calidad visual	Alteración o modificación de los paisajes naturales.	OM	-1	0.6	0.8	0.4	0.3	7	3	-1.8840	Muy bajo
<b>Num</b>	<b>Componentes Ambientales</b>	<b>Factor</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Etapa</b>	<b>C</b>	<b>P</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>D</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>Ca</b>	<b>IA</b>
1	Suelo	Erosión	Pérdida de suelo	D	1	0.6	0.7	1	0.9	7	3	4.5600	Media
2	Suelo	Calidad	Contaminación del suelo por mal manejo de residuos	D	1	1	0.8	0.4	0.8	7	3	4.6400	Media
3	Suelo	Relieve	Modificación de las formas terrestres naturales de la superficie.	D									
4	Agua	Hidrología superficial	Modificación de los patrones naturales de drenaje superficial	D									
5	Agua	Hidrología subterránea	Modificación de los patrones naturales de drenaje subterráneo	D	-1	0.4	0.6	0.8	0.8	7	3	-2.3040	Baja
6	Aire	Calidad	Contaminación del aire por emisión de ruido, partículas suspendidas y gases de combustión	D	-1	1	0.2	0.2	0.1	7	3	-0.5800	Muy bajo
7	Aire	Confort sonoro	Por el aumento de niveles de ruido en el ambiente ocasionado por el uso de maquinaria	D									
8	Flora	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	D									
9	Fauna	Individuos de especies de fauna	Afectación de individuos de especies de fauna	D									
10	Ecosistemas	Hábitats	Pérdida de hábitats	D									
11	Paisaje	Calidad visual	Alteración o modificación de los paisajes naturales.	D	-1	1	0.8	0.4	0.3	7	3	-3.1400	Baja

## Matriz de Impactos Sistema Cogeneración

Num	Componentes Ambientales	Factor	Impacto Ambiental	Etap	C	P	E	M	D	a	b	Ca	IA
1	Suelo	Erosión	Pérdida de suelo	PS	-1	0.4	0.2	0.8	0.8	7	3	-1.4080	Muy bajo
2	Suelo	Calidad	Contaminación del suelo por mal manejo de residuos	PS	-1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	-0.3140	Muy bajo
3	Suelo	Relieve	Modificación de las formas terrestres naturales de la superficie.	PS	-1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	-0.3140	Muy bajo
4	Agua	Hidrología superficial	Modificación de los patrones naturales de drenaje superficial	PS	-1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	-0.3140	Muy bajo
5	Agua	Hidrología subterránea	Modificación de los patrones naturales de drenaje subterráneo	PS	-1	0.1	0.8	0.2	0.1	7	3	-0.1420	Muy bajo
6	Aire	Calidad	Contaminación del aire por emisión de ruido, partículas suspendidas y gases de combustión	PS	-1	0.1	1	0.2	0.1	7	3	-0.1700	Muy bajo
7	Aire	Confort sonoro	Por el aumento de niveles de ruido en el ambiente ocasionado por el uso de maquinaria	PS	-1	0.1	1	0.2	0.1	7	3	-0.1700	Muy bajo
8	Flora	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	PS	-1	0.4	0.2	0.8	0.8	7	3	-1.4080	Muy bajo
9	Fauna	Individuos de especies de fauna	Afectación de individuos de especies de fauna	PS	-1	0.4	0.2	1	0.3	7	3	-0.9200	Muy bajo
10	Ecosistemas	Hábitats	Pérdida de hábitats	PS	-1	0.4	0.2	1	0.3	7	3	-0.9200	Muy bajo
11	Paisaje	Calidad visual	Alteración o modificación de los paisajes naturales.	PS	-1	0.1	0.6	0.4	0.3	7	3	-0.2580	Muy bajo
Num	Componentes Ambientales	Factor	Impacto Ambiental	Etap	C	P	E	M	D	a	b	Ca	IA
1	Suelo	Erosión	Pérdida de suelo	C	-1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	-0.3140	Muy bajo
2	Suelo	Calidad	Contaminación del suelo por mal manejo de residuos	C	-1	0.1	1	0.4	0.1	7	3	-0.3100	Muy bajo
3	Suelo	Relieve	Modificación de las formas terrestres naturales de la superficie.	C	-1	1	1	0.4	0.1	7	3	-3.1000	Bajo
4	Agua	Hidrología superficial	Modificación de los patrones naturales de drenaje superficial	C	-1	0.1	1	0.4	0.1	7	3	-0.3100	Muy bajo
5	Agua	Hidrología subterránea	Modificación de los patrones naturales de drenaje subterráneo	C	-1	1	0.4	0.6	0.8	7	3	-4.0800	Media
6	Aire	Calidad	Contaminación del aire por emisión de ruido, partículas suspendidas y gases de combustión	C	-1	0.1	1	0.1	0.1	7	3	-0.1000	Muy bajo
7	Aire	Confort sonoro	Por el aumento de niveles de ruido en el ambiente ocasionado por el uso de maquinaria	C	-1	0.1	1	0.1	0.1	7	3	-0.1000	Muy bajo
8	Flora	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	C	-1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	-0.3140	Muy bajo
9	Fauna	Individuos de especies de fauna	Afectación de individuos de especies de fauna	C	-1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	-0.3140	Muy bajo
10	Ecosistemas	Hábitats	Pérdida de hábitats	C	-1	1	1	0.4	0.1	7	3	-3.1000	Bajo
11	Paisaje	Calidad visual	Alteración o modificación de los paisajes naturales.	C	-1	0.6	0.8	0.4	0.3	7	3	-1.8840	Muy bajo

Num	Componentes Ambientales	Factor	Impacto Ambiental	Etap	C	P	E	M	D	a	b	Ca	IA	
1	Suelo	Erosión	Pérdida de suelo	OM										
2	Suelo	Calidad	Contaminación del suelo por mal manejo de residuos	OM	-1	0.1	1	0.4	0.1	7	3	-0.3100	Muy bajo	
3	Suelo	Relieve	Modificación de las formas terrestres naturales de la superficie.	OM										
4	Agua	Hidrología superficial	Modificación de los patrones naturales de drenaje superficial	OM										
5	Agua	Hidrología subterránea	Modificación de los patrones naturales de drenaje subterráneo	OM										
6	Aire	Calidad	Contaminación del aire por emisión de ruido, partículas suspendidas y gases de combustión	OM	-1	1	1	0.4	0.1	7	3	-3.1000	Bajo	
7	Aire	Confort sonoro	Por el aumento de niveles de ruido en el ambiente ocasionado por el uso de maquinaria	OM	-1	1	1	0.2	0.1	7	3	-1.7000	Muy bajo	
8	Flora	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	OM										
9	Fauna	Individuos de especies de fauna	Afectación de individuos de especies de fauna	OM	-1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	-0.3140	Muy bajo	
10	Ecosistemas	Hábitats	Pérdida de hábitats	OM										
11	Paisaje	Calidad visual	Alteración o modificación de los paisajes naturales.	OM	-1	0.6	0.8	0.4	0.3	7	3	-1.8840	Muy bajo	
Num	Componentes Ambientales	Factor	Impacto Ambiental	Etap	C	P	E	M	D	a	b	Ca	IA	
1	Suelo	Erosión	Pérdida de suelo	D	1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	0.3140	Muy bajo	
2	Suelo	Calidad	Contaminación del suelo por mal manejo de residuos	D	1	0.1	1	0.4	0.1	7	3	0.3100	Muy bajo	
3	Suelo	Relieve	Modificación de las formas terrestres naturales de la superficie.	D	1	1	1	0.4	0.1	7	3	3.1000	Bajo	
4	Agua	Hidrología superficial	Modificación de los patrones naturales de drenaje superficial	D								7	3	0.0000
5	Agua	Hidrología subterránea	Modificación de los patrones naturales de drenaje subterráneo	D	-1	0.4	0.6	0.8	0.8	7	3	-2.3040	Bajo	
6	Aire	Calidad	Contaminación del aire por emisión de ruido, partículas suspendidas y gases de combustión	D	-1	0.1	1	0.2	0.1	7	3	-0.1700	Muy bajo	
7	Aire	Confort sonoro	Por el aumento de niveles de ruido en el ambiente ocasionado por el uso de maquinaria	D	-1	0.1	1	0.2	0.1	7	3	-0.1700	Muy bajo	
8	Flora	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	D	1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	0.3140	Muy bajo	
9	Fauna	Individuos de especies de fauna	Afectación de individuos de especies de fauna	D	1	0.1	0.8	0.4	0.3	7	3	0.3140	Muy bajo	
10	Ecosistemas	Hábitats	Pérdida de hábitats	D	1	1	0.4	0.7	0.8	7	3	4.3600	Media	
11	Paisaje	Calidad visual	Alteración o modificación de los paisajes naturales.	D	1	0.6	0.8	0.4	0.3	7	3	1.8840	Muy bajo	

## Anexo 2. Cotizaciones

SAECSA energía solar


[aaron.ramirez@saecsa.com](mailto:aaron.ramirez@saecsa.com)  
 Para  Lozada Gomez Asyadeth

 Planta Interconectada SAECSA.PDF 4 MB  
 Planta Aislada SAECSA.PDF 3 MB

 Responder  Responder a todos  Reenviar 

viernes 26/11/2021 04:45 p. m.



Tecnología

# SOLAR



Buen día apreciable Asyadeth Lozada Gómez, soy Aarón Ramírez agente especializado de ventas y me encargaré de darle seguimiento a tus requerimientos, te comento que no contamos con concentradores solares, pero si con módulos fotovoltaicos que pueden instalarse como plantas solares, en ese caso para una propuesta adecuada es necesario conocer la aplicación de la misma ya sea como planta aislada o planta interconectada a la red eléctrica, ya que de eso depende el equipo necesario a considerar, además de conocer el tiempo de uso requerido o el consumo total de forma diaria, semanal o mensual. Adjunto información de ambos equipos aunque a una escala menor, no obstante podemos configurar el equipo solicitado sin ningún problema.

Puedes visitar nuestros sitios web y redes sociales [saecsa.com](http://saecsa.com), [saecsafermo.com](http://saecsafermo.com), y [saecsaelectro.com](http://saecsaelectro.com) para conocer más acerca de nuestros productos, asesorías y servicios.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano tu amable atención no dudes en comunicarme cualquier duda o comentario, quedo atento de tu respuesta.

¡Cordial Saludo!

**Aarón Ramírez Franco**  
 Agente Especializado de Ventas



### MODELOS PEQUEÑA ESCALA MEDIANA ESCALA

**1 CARACTERÍSTICAS.**

- Generación de su propia energía limpia y silenciosa.
- Reducción de gastos en la facturación eléctrica.
- Amortización más rápida en relación con las plantas solares convencionales.
- Integración arquitectónica en casas y edificios.
- Disminuye la vulnerabilidad al incremento de tarifas eléctricas.
- No hay limitaciones en cuanto al almacenamiento de energía.
- Obtención de crédito por generación de energía excedente.

**2 APLICACIONES.**

- Sistemas residenciales
- Sistemas integrados a empresas e instituciones
- Granjas solares con estaciones eléctricas.





**PLANTAS ELÉCTRICAS SOLARES SAECSA INTERCONECTADA A LA RED**

 MODELOS
  CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
  PRECIOS

EL SISTEMA INCLUYE	VIVIENDA BÁSICA SAE-PIV-1000	VIVIENDA MEDIA SAE-PIV-2000	VIVIENDA COMPLETA SAE-PIV-3000	RESIDENCIA BÁSICA SAE-PIR-4000	RESIDENCIA MEDIA SAE-PIR-6000	RESIDENCIA COMPLETA SAE-PIR-8000
Sistema generador fotovoltaico SAECSA de carga optimizada	1000 Wp	2000 Wp	3000 Wp	4000 Wp	6000 Wp	8000 Wp
Inversor para interconexión a la red de CFE	1000 W	2000 W	3000 W	4000 W	5100 W	8600 W
Estructuras metálicas para módulos solares	Incluye	Incluye	Incluye	Incluye	Incluye	Incluye
Lote de materiales para conexión	Incluye	Incluye	Incluye	Incluye	Incluye	Incluye
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS						
Energía fotovoltaica promedio diaria del sistema	4.25 KW-h/día	8.5 KW-h/día	12.75 KW-h/día	17 KW-h/día	25.5 KW-h/día	34 KW-h/día
Generación energía diaria	4 a 4.5 kw-h/día	8 a 9 kw-h/día	12 a 13.5 kw-h/día	16 a 18 kw-h/día	24 A 27 kw-h/día	32 A 36 kw-h/día
Voltaje de salida	120 VAC	240 VAC	240 VAC	240 VAC	240 VAC	240 VAC
Área de instalación requerida	7 m <sup>2</sup>	13 m <sup>2</sup>	20 m <sup>2</sup>	26 m <sup>2</sup>	40 m <sup>2</sup>	54 m <sup>2</sup>
Peso aproximado total del sistema	80 kg	180 kg	284 kg	403 kg	522 kg	692 kg
CLAVE LISTA DE PRECIOS	SAE-PIV-1000	SAE-PIV-2000	SAE-PIV-3000	SAE-PIR-4000	SAE-PIR-6000	SAE-PIR-8000

AW: Solicitud de cotización.

Info Mexico <info-mexico@goldbecksolar.com>  
 Para Lozada Gomez Asyadeth

Responder Responder a todos Reenviar jueves 09/12/2021 08:34 a. m.

Estimada Asyadeth

Gracias por contactar a Goldbeck Solar México. Con mucho atendemos tus dudas por lo cual proponemos hacer una llamada.

Que día y hora le conviene?

Saludos

Alexander Foeth

Manager Business Development



GOLDBECK SOLAR MÉXICO S.A. DE C.V.  
 Av. Santa Fe No. 170  
 Col. Lomas de Santa Fe  
 01219 Ciudad de México

Artic Solar

bill@articsolar.com  
 Para Lozada Gomez Asyadeth  
 CC kobrien@articsolar.com

Responder Responder a todos Reenviar lunes 29/11/2021 08:23 a. m.

Artic Solar Literature Spanish.zip  
 4 MB

Traducir mensaje a: Español No traducir nunca de: Inglés

Asyadeth:

Our XCPC generally generates temperatures of ~200-230°C max for Industrial Process Heat and Steam. It can certainly preheat applications for petroleum processing. Preheating make-up water to boilers or using a steam generator to inject 1 or 2 BAR, steam (120°C -150°C) into a central steam line. Is feasible. We'll be pleased to assist in a system design and integration. See attached information.

Regards,  
 Bill

William T Guiney  
 President  
 Artic Solar, Inc  
 1057 Ellis Rd N Ste 17  
 Jacksonville, FL 32254  
 Office: 904-513-4638  
 Cell: 414-339-7970  
[bill@articsolar.com](mailto:bill@articsolar.com)

RE: Artic Solar

bill@articsolar.com  
 Para Lozada Gomez Asyadeth  
 CC kobrien@articsolar.com

Responder Responder a todos Reenviar martes 30/11/2021 02:34 p. m.

Traducir mensaje a: Español No traducir nunca de: Inglés

Asyadeth:

What temperature is your steam?

A single XCPC will generate ~4.25 lbs/ 1.9kg of steam per hour.

The steam will be 1 BAR / 15PSI and 250°F / 120°C. For this we send 300°F / 150°C hot water to a steam generation coil and inject the solar generated steam into the main steam line.

If these above numbers apply, you will need 24-XCPC collectors for 100lbs/hour

You can estimate the installation costs to be ~\$1,800 with a cost of \$1,187 each at today's metal prices.

In review of site, I referred to the National Renewable Energy Lab (NREL) PV Watts Calculator and looked at the solar resource information for Macuspana, Tabasco MX which is a little higher than your calculations so I am confident in the performance.

The XCPC will collect both Direct & Diffuse Radiation so I conservatively added 10% to the Direct. It may be higher than 10%

Lat, Lon: 17.77 -92.58  
 Tabasco, MX

Month	Solar Radiation ( kWh / m2 / day )	Direct & Diffuse
January	4.91	5.40
February	5.78	6.38
March	6.46	7.11
April	6.50	7.15
May	6.00	6.60

El generador de vapor térmico solar funciona a 150°C y producirá alrededor 136Kg de 120°C a 1.03 Bar de vapor por hora.

El generador de vapor solar 10HP desplazará el vapor generado por las calderas de combustible fósil,

El generador de vapor se instala en la línea central de vapor de la instalación paralela a las calderas existentes. El generador mantiene la presión en la línea de vapor central permitiendo que la caldera existente permanezca inactiva hasta que la presión caiga y el proceso requiera más vapor o presión.

Reducirá significativamente el consumo de combustible y reducirá el tiempo de funcionamiento de las calderas existentes. El sistema es fácil de instalar en instalaciones nuevas o existentes.

No hay partes móviles en el panel solar y el diseño del sistema simple tiene costos de operación y mantenimiento mínimos. Nuestros sistemas de techo de bajo perfil o montados en el suelo son robustos y ligeros.

Las aplicaciones incluyen industrias que utilizan vapor como manufactura, procesamiento de alimentos (por ejemplo, carne, lácteos, alimentos procesados y bebidas), aguas residuales municipales y extracción de petróleo y gas.



El generador de vapor solar 10HP es una solución confiable de bajo costo para las industrias de cervecería y destilería y tiene un retorno de la inversión muy favorable. (ROI) ebsus siglas en Ingles.

El generador de vapor solar reduce el consumo de energía aproximadamente:

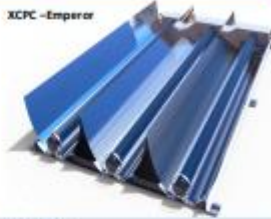
Gas natural = 5-tercias / hora

GLP = 5.5- galones / hora

Acete = 3.2- galones / hora

Electricidad = 115 kWh / hora

XCPC -Emperor



- Beneficios
- 10HP por 136 Kg. de vapor por hora
- 120°C — 1.03 Bar vapor - 380 MJ / hora
- 69- Colectores de alta temperatura XCPC
- 184 m<sup>2</sup> de área de colector.
- 30% de crédito fiscal federal que incluye todos los componentes, materiales y mano de obra de instalación (USA) \*
- El no seguimiento reduce los costos de O&M
- La óptica sin imágenes permite el uso de la luz solar directa e indirecta
- Diseño óptico avanzado "sin imágenes" permite el uso de la luz solar directa e indirecta

**Ahorros y reducciones de gas de casa verde**

Ejemplo: Sistema de 105KW (69 XCPC)

Gas = 1,490,293 MJ ahorradas / año

78,925 Kg. de CO<sub>2</sub> y 100 Kg. NOx

Electricidad = 322,000 kWh ahorrados por año.

185,973 Kg. de CO<sub>2</sub> y 679 Kg. NOx

LAS REDUCCIONES MÁS ALTAS POR m<sup>2</sup> DE CUALQUIER  
TECNOLOGÍA SOLAR EN EL MERCADO

U.S. Patent # 9,383,120 B1

Solar Thermal Concentrator Apparatus, System and Method

Manufactured by:



Jacksonville, FL, USA

www.articsolar.com

904-513-8638

bill@articsolar.com



## Anexo 3. Precios de Compra de Energía a CFE

 NUESTRA EMPRESA   SERVICIOS   COMUNICACIÓN   ☰

2.1 Identifica tu región tarifaria

TABASCO	CENTRO
SURESTE	

### Sureste

Tarifa	Descripción	Int. Horario	Cargo	Unidades	ENE-22	
DIT	Demanda industrial en transmisión	-	Fijo	\$/mes	1,755.19	
			Base	Variable (Energía)	\$/kWh	0.7297
			Intermedia	Variable (Energía)	\$/kWh	1.3173
			Punta	Variable (Energía)	\$/kWh	1.4568