

**DOCTORADO EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE
TECNOLOGÍA**

**Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Centro Interdisciplinario de Posgrados
Investigación y Consultoría
Departamento de Ingeniería
Doctorado en Planeación Estratégica y Dirección
de Tecnología**



**EVALUACIÓN DE CICLO DE VIDA Y COSTO BENEFICIO PARA
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y CICLO COMBINADO: UN
ANÁLISIS COMPARATIVO**

Tesis que para obtener el Grado de Doctor
en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología

Presenta

OSCAR MARTINEZ MARTINEZ



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DOCTORADO EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

DEDICATORIA

A mis **Padres**, por el gran esfuerzo que han realizado en apoyo a mi formación a través mi vida

A mi Esposa: Rosa María

A Mis Hijos:

Claudia Iveth

Oscar

Rosa Lydia

A mis nietos:

Michel Guadalupe

Oscar

Brenda Alexandra

Andy

Samuel Alexander

A mi Familia

A mis Maestros de UPAEP:

Por su gran apoyo en la consolidación de mis estudios

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero José Everardo Inda Durán
Gerente Regional de Producción Noroeste
Comisión Federal de Electricidad
Hermosillo, Son

Ing. Rafael López Chávez
Subgerente Regional de Producción GRPNO
Comisión Federal de Electricidad
Hermosillo, Sonora

Ing. Eleazer A. Salcido Castañeda
Servicio Químico y Control Ambiental
C.C.C. Hermosillo
Gas Natural FENOSA
Hermosillo, Son.

ÍNDICE GENERAL

RESÚMEN

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1. PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN

1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Preguntas de investigación	2
1.3 Propósito de la investigación	2
1.4 Objetivo General	3
1.5 Objetivos específicos	3
1.6 Justificación de la investigación	3
1.7 Alcances y limitaciones	3
1.8 Organización del estudio	4

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Historia de la generación de energía eléctrica	7
2.1.1.- Comisión Federal de Electricidad en México	7
2.1.2.- Capacidades de generación eléctrica por la Comisión Federal de Electricidad	9
2.1.3.- Estrategias de Comisión Federal de Electricidad para el futuro	11
2.1.3.1.- Objetivos Estratégicos de Comisión Federal de Electricidad (CFE)	11
2.1.4.- Planificación del Sistema Eléctrico Nacional	12
2.1.5.- Desarrollo del mercado eléctrico	13
2.1.5.1.-Generación	14
2.2.- Energía	14

2.2.1.- Energías Renovables	17
2.2.2.- La importancia de las energías renovables en los escenarios globales	22
2.2.3.- Energía Renovable en Sonora	25
2.3.- Energía Solar	25
2.3.1.-Energía Solar Fotovoltaica Como Fuente de Energía	30
2.3.1.1.- Aspectos Generales de la Energía solar Fotovoltaica	33
2.3.1.2.- Irradiación Solar Global	35
2.3.1.3.- Energía Solar Térmica	37
2.4.- Denominación de Ciclo Combinado	40
2.4.1.- Función del Ciclo Combinado	42
2.4.2.- Beneficios medioambientales del ciclo combinado	44
2.5.- Evaluación del Ciclo de Vida (ECV)	52
2.5.1.- Interpretación del estudio	55
2.5.2.- Comprensión la naturaleza multidisciplinar de ECV	55
2.5.3.- Uso del Software SimaPro	58
2.6.- El Análisis de Costo Beneficio (ACB)	60
2.6.1.- Por qué hacer un análisis costo-beneficio	65
2.6.2.- El análisis costo-beneficio para un proyecto y su planeación	65
2.6.3.- Análisis de Costo Beneficio de Planta de Ciclo Combinado	65
2.6.4.- Análisis de Costo Beneficio para Planta Solar Fotovoltaica	67
2.7.- Evaluación del Impacto ambiental (EIA)	72
2.7.1.- Impacto Ambiental (IA)	74
2.8.- Evaluación de los Impactos en la Salud	76
2.9.- Experiencias con casos de aplicación en estudios la Evaluación de Ciclo de	78

Vida, Análisis de Costo Beneficio en Plantas de Ciclo Combinado y Plantas de Energía Solar	
2.9.1.- Caso 1: Italia	78
2.9.2.- Caso 2: Sur Este de Asia	81
2.9.2.1.- Escenarios de la eliminación de la batería	82
2.9.3.- Caso 3: China	83
2.9.4.- Caso 4: Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos	86
2.9.5.- Caso 5: India	87
2.9.6.- Caso 6: Egipto, Jordania, India, California	91
2.10.- Discusión	94
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA Y SU APLICACIÓN	99
3.1.- Información general de una planta de ciclo combinado y una planta de energía solar fotovoltaica	101
3.2.- Establecer criterios y parámetros de generación de energía eléctrica en planta de ciclo combinado y planta de energía solar fotovoltaica	102
3.2.1.- Criterios y Parámetros para Ciclo Combinado	104
3.2.2.- Criterios y Parámetros para una Planta de Energía Solar Fotovoltaica	106
3.2.3 Criterios y parámetros y para comparar ambas tecnologías	109
3.3.- Fases del la Evaluación de Ciclo de Vida, según las Normas ISO 14040 y 14044, aplicándose a Ciclo Combinado y Energía Solar Fotovoltaica	111
3.3.1.- Evaluación del Ciclo de Vida a turbina de Ciclo Combinado	111
3.3. 2. Aplicación del SimaPro a ciclo combinado	115
3.3.2.1.- Selección de la Turbina de Gas	118
3.3.2.2.- Definición de alcance y objetivos	118
3.3.2.3.- Análisis de inventario	119

3.3.2.4.- Evaluación del Impacto	119
3.3.2.5.- Interpretación	119
3.3.2.5.1.- Clasificación	120
3.3.2.5.2.- Caracterización	122
3.3.2.5.3.- Normalización, Agrupación Y Ponderación	123
3.3.3.- Evaluación de Ciclo de Vida para Energía Solar Fotovoltaica	124
3.3.3.1.-Validación del Modelo de Solar Fotovoltaica	124
3.3.3.2.- Caso Evaluación de ciclo de Vida de Planta Solar Fotovoltaica	125
3.4.- Establecer el Análisis de Costo Beneficio para Ciclo Combinado y Energía Solar Fotovoltaica	126
3.4.1.- Procedimiento que se realiza para hacer el análisis de costo beneficio	128
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	133
4.1.- Evaluación del Ciclo de Vida para turbina de gas y Fotovoltaica	133
4.1.1 Calentamiento Global de la turbina de gas	133
4.1.1.1.- Residuos de la turbina de gas	135
4.1.1.2.- Análisis de los residuos de la turbina de gas	136
4.1.1.3.- Análisis del Impacto del Smog del Vapor	136
4.1.1.4.- Análisis Del Impacto del Smog del Vapor	137
4.1.1.5.- Calentamiento Global por el vapor	138
4.1.1.6.- Residuos del Smog del vapor	138
4.1.2.- Balance Total de la ECV de la Turbina de Gas para Ciclo Combinado	139
4.1.3.- Análisis de impacto ambiental de Energía Solar Fotovoltaica	140
4.1.3.1.- Impacto ambiental para planta solar fotovoltaica, excluyendo emisiones a largo plazo	141
4.2.- Análisis Comparativo de la Evaluación de Ciclo de Vida entre Ciclo	142

Combinado y Fotovoltaica	
4.3. Análisis de Costo Beneficio para turbina de gas y Fotovoltaica	143
4.3.1. Análisis de Costo Beneficio para Ciclo Combinado	144
4.3.2 Análisis Costo Beneficio para planta solar fotovoltaica	145
4.4 Análisis Comparativo de Costo Beneficio, entre Ciclo Combinado vs. Fotovoltaica	147
CAPÍTULO 5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	149
5.1.- Análisis	149
5.2.- Discusión	151
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS	
ANEXOS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ABREVIATURAS	

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza una evaluación en la generación de la energía eléctrica a partir de energía solar fotovoltaica y comparada con la del ciclo combinado. Se utilizó la innovación tecnológica aplicando la evaluación de ciclo de vida (ECV), que sirve para medir el impacto ambiental y la contribución a la mitigación del calentamiento global. Para ello se utilizó el software denominado SimaPro 7.3.3; los modelos se normalizaron de acuerdo a las unidades utilizadas en el estudio.

Los resultados obtenidos con el SimaPro 7.3.3 se validaron mediante simulaciones rigurosas de las secuencias bajo el esquema de control que presenta el mismo software aplicado. Se comprobaron también las interpretaciones propuestas sobre el significado de los parámetros proporcionados por el propio SimaPro 7.3.3. Se comprobó que la unidad funcional mínima está relacionada con el trabajo con los datos de las plantas de ciclo combinado y solar fotovoltaica y por lo tanto estos están asociados a los comportamientos de ambas plantas.

En base a los resultados proporcionados por el SimaPro 7.3.3, se propone un análisis comparativo de las dos plantas tanto la de ciclo combinado como la solar fotovoltaica en el cuál se puede apreciar el impacto ambiental de ambas y si pueden contribuir a la reducción el calentamiento global.

Por otro parte se hizo un estudio de análisis de costo beneficio, con el propósito de determinar cuál de las dos plantas representa una mejor inversión y rentabilidad a través de un uso de vida de 25 años. Para ello se utilizaron datos de generación de energía eléctrica y gastos que se realizan en una planta de ciclo combinado que opera en la ciudad de Hermosillo, Sonora y la de plantas solar fotovoltaicas que operan en Baja California Norte y Sur y que fueron proporcionados por expertos de la comisión federal de electricidad como apoyo para la realización del presente. Con ello se realizó el estudio de viabilidad obteniéndose lo referente a la relación de beneficio/ costo (B/C), así como la tasa de recuperación (TIR) y el valor presente neto (VPN).

Finalmente se establece una matriz con los resultados obtenidos de la evaluación del ciclo de vida (ECV) y del análisis de costo beneficios (ACB) para hacer la comparación entre

las dos plantas encaminada a definir cuál es la mejor opción en cuanto a la generación de energía eléctrica y encontrar con ello las mejores opciones para el usuario final.

Dirigida por: Dr. Jorge Luis Taddei Bringas

ABSTRACT

In this work an evaluation is done to electricity generation from solar photovoltaic and compared with the combined cycle. Technological innovation was used by applying life cycle assessment (LCA), which measures the environmental impact and contributing to the mitigation of global warming. Software called SimaPro 7.3.3 was used; models were normalized according to the units used in the study.

The results obtained with the SimaPro 7.3.3 are validated through rigorous simulations of sequences under the software control scheme. The proposed interpretations about the meaning of the parameters provided by the SimaPro 7.3.3, is also checked. It was found that the minimum functional unit is related to working with data from combined cycle plants and solar photovoltaic, and therefore these are associated with the behavior of both plants.

Based on the results provided by the SimaPro 7.3.3, a comparative analysis of the two plants, combined cycle and solar photovoltaic, was realized in which you can appreciate the environmental impact of both and if they can contribute to the reduction proposed by the global warming.

On the other hand, a study of cost-benefit analysis, in order to determine which of the two plants represents a better investment and profitability through a usage life of 25 years was made. this data electricity generation and expenditure carried out in a combined cycle power plant operating in the city of Hermosillo, Sonora and the PV Solar plants operating in Baja California Norte and Sur and were provided by experts were used the Federal Electricity Commission as support for the realization of this. Thereby obtaining feasibility

study regarding the benefit / cost (B / C) and the recovery rate (IRR) and net present value (NPV) was performed.

Finally a matrix is established with the results of the life cycle assessment (LCA) and cost benefit analysis (CBA) for comparison between the two plants designed to define what is the best option in terms of generation electricity and thus find the best options for the end user.

Directed by: PhD. Jorge Luis Taddei Bringas

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia científica se han realizados descubrimientos que han logrado implementarse al momento y que demuestran su resultado factible; son nuevos elementos que se aplican al estudio de la ciencia. Hoy en día el tema de la innovación, que puede ser científica y /o tecnológica, es muy relevante. Se le puede definir como una actividad cuyo resultado representa un avance tecnológico en la obtención de nuevos productos o procesos de producción o mejoras sustanciales de los ya existentes. Se consideran nuevos aquellos productos o procesos cuyas características o aplicaciones, desde el punto de vista tecnológico, difieran sustancialmente de los ya disponibles.

Existen numerosas formas de expresar y definir el concepto de innovación. En el presente estudio se emplea el concepto de investigación referente a la innovación tecnológica y se aplica al tema de la Evaluación de Ciclo de Vida (ECV) enfocado a la generación de energía eléctrica. Este consiste en estimar el impacto al ambiente de las tecnologías para generar electricidad, en particular la de ciclo combinado y la solar fotovoltaica. En México existen muy escasos estudios sobre dicha aplicación; se menciona a través de dependencias de Gobierno que dicha evaluación es importante, mas no se han logrado estudios que demuestren la sostenibilidad que se tienen al generar la energía eléctrica para México a través de diferentes tecnologías que se utilizan para ello.

Por tanto, en este estudio se hace la investigación con la aplicación de la evaluación del Ciclo de Vida es un marco para la descripción de los posibles impactos ambientales de la vida útil, insumos materiales / energía y salidas de un producto o proceso. La ECV se utiliza en la evaluación de los impactos ambientales de las tecnologías energéticas, y sus resultados son cada vez más utilizada en las decisiones sobre la financiación de I + D + i y políticas energéticas, aplicándose a la generación de energía en ciclo combinado y solar fotovoltaica, para hacer una análisis comparativo, encaminado a conocer cuál de los dos procesos tecnológico produce menos impacto ambiental y afecte en lo menor posible al calentamiento global así como conocer el efecto a la salud humana de estos dos procesos.

Con esto también se pretende que el estudio de la Evaluación de Ciclo de Vida (ECV), tenga más aplicación en este país, ya que es de suma importancia conocer el comportamiento de cambio climático y como afecta al planeta tierra.

Este estudio se complementa con el análisis de costo beneficio (ACB), para hacer el comparativo entre la generación de energía eléctrica de energía solar fotovoltaica y ciclo combinado, lo cual coadyuvará a establecer una planeación estratégica y energética, que determine cuál de los dos sistemas es el mejor para dicha generación y asimismo apoyar a un mejor desarrollo sustentable y económico para México, y que como beneficiario final sea la población del País que en este caso es México.

La aplicación de la técnica de análisis de costo beneficio (ACB) enfocada a estos dos procesos es de suma importancia, porque con ello se conocerá cual de los dos procesos es más redituable a través del tiempo, para su uso en la generación de energía eléctrica, ya que con la relación de beneficio costo, el valor actual neto y la tasa de retorno (TIR), se encuentra y se compara cual sería la mejor opción.

Con ello el impacto social que se espera dar es que la misma generación de corriente eléctrica sea en condiciones ambientales que estén dentro de las normas de calidad que se exigen para evitar las contaminaciones que hoy en día se están presentando en gran magnitud y con ello la sociedad pueda vivir con una mejor calidad de vida en cada uno de los puntos de nuestro país.

CAPÍTULO 1. PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El problema del desarrollo de la humanidad relacionado con la energía, es la incertidumbre y la duda sobre el comportamiento de las plantas termoeléctricas así como de los precios de los combustibles fósiles, ya que son la base para los altos niveles del crecimiento económico del mundo y también de la alta contaminación.

Es necesario evolucionar con planeación estratégica de 30 o 100 años con propuestas como las energías renovables, solar fotovoltaica y/o de ciclo combinado para la generación de energía eléctrica. Actualmente dicha generación se está enfocando más hacia el uso de ciclo combinado y en esta propuesta se analizar que es más viable, si la energía solar o la de ciclo combinado.

Los mantos petroleros son escasos y cada vez serán más caros, pero independientemente de eso hay quienes opinan que es la alta contaminación que provocan, lo que los retirará para usos energéticos por el incremento de los costos y el cambio climático, (Badran, O., Mamlook, R., & Abdulhadi E., 2012).

El presente estudio tiene como propósito llevar a cabo un análisis en la generación de energía eléctrica de las energía solar y ciclo combinado a través del evaluación del ciclo de vida (ECV) y el análisis de costo beneficio (ACB). Se busca una justificación de la importancia, relevancia, contenido innovador y pertinencia de su realización, para resolver el problema de impacto ambiental y el costo beneficio de ambas estrategias.

Dicho estudio, se propone al usuario final que en este caso es LA SECRETARIA DE ENERGÍA (SENER), para que la Comisión Federal de Electricidad (CFE), quienes generan dicha energía a sus consumidores, resulte con el beneficio final, al consumir con ello, energía eléctrica a bajo costo y con menos contaminación.

Uno de los usos más importantes para los fabricantes son los estudios de ciclo de vida, que es proporcionar una orientación a largo - plazo de la planificación estratégica sobre las tendencias en el diseño de productos y materiales. Por su naturaleza, los estudios de

ciclo de vida, incluyen los impactos ambientales, cuyos costos son externos a las empresas (por ejemplo, la destrucción del hábitat), así como internos (por ejemplo, el costo de la generación de residuos). La evaluación de estos costos externos es clave para la planificación ambiental estratégica, así como las regulaciones tienden a internalizar lo que son actualmente los costos externos de la actividad empresarial, (Allen y Shonnard, 2002).

1.2 Preguntas de investigación

1.- ¿Qué tipo de Energías Renovables utilizan actualmente en la Comisión Federal de Electricidad?

- Conocer las energías renovables que se están utilizando en la actualidad para la generación de energía eléctrica

2.- ¿Cuál es el impacto ambiental utilizando ciclo combinado y energías solar fotovoltaica en la generación de energía eléctrica?

- Identificar los principales efectos que causan dichas variables

3.- ¿Cuál es el costo beneficio a largo plazo de ambas?

- Identificar la rentabilidad económica

1.3 Propósito de la investigación

El presente estudio se realiza con el propósito de elaborar herramientas de estudios para un análisis que permita comparar la evaluación del ciclo de vida y el análisis costo beneficio de las energía solar fotovoltaica respecto al ciclo combinado en la generación de energía eléctrica en México, estableciendo para ello gestiones medioambientales para evaluar su impacto ambiental y su rentabilidad.

Asimismo hacer la propuesta de que tecnología es más favorable para el País en la generación de energía eléctrica, la energía solar y/o ciclo combinado. En relación al mismo ciclo de vida y/o costo beneficio, de acuerdo a un planteamiento estratégico que se pueda definir entre 30 y 100 años.

1.4 Objetivo General

Evaluar mediante las técnicas Evaluación del Ciclo de Vida y Analisis de Costo Beneficio, los impactos ambientales y beneficio-costos que ocasionan la energía solar y ciclo combinados usados para la generación de energía eléctrica.

1.5 Objetivos específicos

1.5.1. Realizar un análisis literario sobre las tecnologías de generación de energía eléctrica.

1.5.2. Revisar las aplicaciones de ECV y ACB, respecto al ciclo combinado y energías renovables

1.5.3. Presentar una evaluación de ambos procesos.

1.6 Justificación de la investigación

El presente estudio se realiza con la conveniencia de elaborar herramientas de estudios para un análisis que permita comparar el ciclo de vida y el costo beneficio de las energía solar fotovoltaica respecto al ciclo combinado en la generación de energía eléctrica en México, estableciendo para ello gestiones medioambientales para evaluar su impacto ambiental y su rentabilidad.

Con ello se logrará el mejor impacto social en la generación de corriente eléctrica que sea en condiciones ambientales dentro de las normas de calidad buscando disminuir la contaminación que se presenta y con ello la sociedad pueda vivir con una mejor calidad de vida a lo largo y ancho del país.

1.7 Alcances y limitaciones

Las principales limitaciones del trabajo están relacionadas con el estudio de evaluación de ciclo de vida, ya que se requiere de un simulador desarrollado para representar el comportamiento dinámico y conocer el impacto ambiental que generan una planta de ciclo combinado y una de solar fotovoltaica. Así como la falta de un software para hacer

el estudio de Análisis de Costo Beneficio. Estas limitantes están relacionadas de la siguiente manera.

1.- Para hacer este tipo de análisis se requiere el software SimaPro 7.3, y que tiene un costo muy elevado para obtenerse con facilidad y es difícil de obtener. De manera provisional se logró una licencia prestada por 10 días para que se hiciera el estudio sobre la evaluación de ciclo de vida para un ciclo combinado y para paneles solares fotovoltaicos.

2.- También para el estudio de análisis de costo beneficios existieron limitantes para obtener una base de datos que nos ayudara a realizar la investigación; aun así se contó con el apoyo de expertos de la comisión federal de electricidad (CFE), quienes apoyaron con datos de la central de ciclo combinado que existe en Hermosillo y que genera 250 MW de energía eléctrica, así como las pequeñas plantas de solar fotovoltaica que tienen trabajando en el Estado de Baja California Norte y Sur de las cuales solo se generan 6 MW de energía eléctrica. Con base en estos datos tuvimos que hacer ajustes de generación, ya que no se puede hacer una comparación de 6 MW a 250 MW, por lo que se tuvo que igualar a la generación de 6 MW y con estos ajustes se realiza los cálculos para obtener la relación de B/C, los mismo que la TIR y el VAN.

Sin embargo, gracias a dichos apoyos, se lograron resultados aceptables en cuanto a conocer los impactos ambientales que generan dichas plantas así como la forma en que contribuyen a la mitigación del calentamiento global. También se estableció la importancia de invertir en cualquiera de las dos plantas y cual contribuye a obtener un mejor beneficio para el usuario final y la confiabilidad de realizar proyectos en dichas ramas de generación de energía eléctrica.

1.8 Organización del estudio

Para la organización del presente estudio considerado como una investigación de innovación tecnológica y tratando de encontrar mediante la Evaluación del Ciclo de Vida (ECV), y el Análisis de Costo Beneficio (ACB), la mejor opción en la generación de

energía eléctrica ya sea a través de Energía Solar Fotovoltaica y/o Ciclo Combinado. En este sentido, se analiza la producción de combustibles fósiles de energía basado en las mejores tecnologías disponibles para cada combustible, analizando con ello cuál será su mejor costo beneficio para el consumidor.

La Evaluación del Ciclo de Vida (ECV) es una herramienta que se utiliza para evaluar el impacto ambiental en el conjunto de las actividades asociadas a un producto, servicio, proceso o cadena de producción, desde la extracción de materias primas hasta la eliminación de residuos. La participación de los combustibles fósiles seguirá siendo alta en 2020, también. El valor absoluto de carbón aumentará, la de gas natural se mantendrá prácticamente constante, mientras que la energía de petróleo registrará una disminución importante, (Cristian Dinca, Adrián Badea, Tiberiu Apóstol, 2010).

La técnica del Análisis de Costo Beneficio (ACB) tiene como función principal proporcionar una idea de rentabilidad que puede proporcionar un proyecto, comparando los costos ya analizados con los beneficios que se esperan obtener del proyecto que se aspira a realizar. Este se debe utilizar en la comparación a la hora de tomar decisiones.

Si bien, este análisis es una guía para la empresa, también se deben tener en cuenta factores como: la moral de los empleados, la seguridad, la legalidad y satisfacción del cliente que pueden verse afectados o beneficiados por esta toma de decisiones respecto al análisis ya realizado. Este puede mostrar la viabilidad del proyecto si es rentable y que riesgos se asumen si se pudiese realizar; se valora la oportunidad, la necesidad, los beneficios y se estiman los recursos que se pueden adquirir para la realización de este. Para elaborar el análisis Costo Beneficio, primero se deben llevar a cabo una lluvia de ideas y así juntar datos siguiendo los respectivos pasos para llegar a este costo y solucionar las dudas sobre si es rentable o no, (Monsalve, J., 2014).

Por lo tanto, con estas dos bases que se recomiendan para elaborar una investigación como la presente, se procede a obtener los recursos necesarios para trabajar en lo dicho, siendo esto.

- 1.- Software SimaPro y realizar la Evaluación de Ciclo de Vida
- 2.- Directrices y base de datos para realizar el Analisis de Costo Beneficio
- 3.- Hacer las evaluaciones entre la central de ciclo combinado y la solar fotovoltaica
- 4.- Una vez obtenidos los resultados, trazar la Matriz Comparativa, y encontrar la mejor opción
- 5.- Establecer las recomendaciones

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Historia de la generación de energía eléctrica

2.1.1.- Comisión Federal de Electricidad en México

En su página electrónica la Comisión Federal de Electricidad (2013), (http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_Acerca_de_CFE/CFE_y_la_electricidad_en_México/Paginas/CFE_y_la_electricidad_Mexico.aspx). (Consultada el 13 de mayo del 2013). Expone la historia de la generación de energía eléctrica que se inició en México a fines del siglo XIX. La primera planta generadora que se instaló en el país (1879) estuvo en León, Guanajuato, y era utilizada por la fábrica textil “La Americana”. Casi inmediatamente se extendió esta forma de generar electricidad dentro de la producción minera y, marginalmente, para la iluminación residencial y pública.

En 1889 operaba la primera planta hidroeléctrica en Batopilas (Chihuahua) y extendió sus redes de distribución hacia mercados urbanos y comerciales donde la población era de mayor capacidad económica.

No obstante, durante el régimen de Porfirio Díaz se otorgó al sector eléctrico el carácter de servicio público, colocándose las primeras 40 lámparas “de arco” en la Plaza de la Constitución, cien más en la Alameda Central y comenzó la iluminación de la entonces calle de Reforma y de algunas otras vías de la Ciudad de México.

Algunas compañías internacionales con gran capacidad vinieron a crear filiales, como “The Mexican Light and Power Company”, de origen canadiense, en el centro del país; el consorcio “The American and Foreign Power Company”, con tres sistemas interconectados en el norte de México, y la Compañía Eléctrica de Chapala, en el occidente.

A inicios del siglo XX México contaba con una capacidad de 31 MW, propiedad de empresas privadas. Para 1910 eran 50 MW, de los cuales 80% los generaba “The Mexican Light and Power Company”, con el primer gran proyecto hidroeléctrico: la planta Necaxa, en Puebla. Las tres compañías eléctricas tenían las concesiones e

instalaciones de la mayor parte de las pequeñas plantas que sólo funcionaban en sus regiones.

En ese período se dio el primer esfuerzo para ordenar la industria eléctrica con la creación de la Comisión Nacional para el Fomento y Control de la Industria de Generación y Fuerza, conocida posteriormente como Comisión Nacional de Fuerza Motriz.

Fue el 2 de diciembre de 1933 cuando se decretó que la generación y distribución de electricidad serían actividades de utilidad pública.

En 1937 México tenía 18.3 millones de habitantes, de los cuales únicamente siete millones contaban con electricidad, proporcionada con serias dificultades por tres empresas privadas.

En ese momento las interrupciones de luz eran constantes y las tarifas muy elevadas, debido a que esas empresas se enfocaban a los mercados urbanos más redituables, sin contemplar a las poblaciones rurales, donde habitaba más de 62% de la población. La capacidad instalada de generación eléctrica en el país era de 629.0 MW.

Para dar respuesta a esa situación que no permitía el desarrollo del país, el gobierno federal creó, el 14 de agosto de 1937, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que tendría por objeto organizar y dirigir un sistema nacional de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, basado en principios técnicos y económicos, sin propósitos de lucro y con la finalidad de obtener con un costo mínimo, el mayor rendimiento posible en beneficio de los intereses generales. (Ley promulgada en la Ciudad de Mérida, Yucatán el 14 de agosto de 1937 y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de agosto de 1937).

2.1.2.- Capacidades de generación eléctrica por la Comisión Federal de Electricidad

La CFE comenzó a construir plantas generadoras y ampliar las redes de transmisión y distribución, beneficiando a más mexicanos al posibilitar el bombeo de agua de riego y la molienda, así como mayor alumbrado público y electrificación de comunidades.

Los primeros proyectos de generación de energía eléctrica de CFE se realizaron en Teloloapan (Guerrero), Pátzcuaro (Michoacán), Suchiate y Xía (Oaxaca), y Ures y Altar (Sonora).

El primer gran proyecto hidroeléctrico se inició en 1938 con la construcción de los canales, caminos y carreteras de lo que después se convirtió en el Sistema Hidroeléctrico Ixtapantongo, en el Estado de México, que posteriormente fue nombrado Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán.

En 1938, CFE tenía apenas una capacidad de 64 kW, misma que, en ocho años, aumentó hasta alcanzar 45,594 kW. Entonces, las compañías privadas dejaron de invertir y CFE se vio obligada a generar energía para que éstas la distribuyeran en sus redes, mediante la reventa.

Hacia 1960 la CFE aportaba ya el 54% de los 2,308 MW de capacidad instalada, la empresa Mexican Light el 25%, la American and Foreign el 12%, y el resto de las compañías 9%. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de generación y electrificación, para esas fechas apenas 44% de la población contaba con electricidad. Por eso el presidente Adolfo López Mateos decidió nacionalizar la industria eléctrica, el 27 de septiembre de 1960.

A partir de entonces se comenzó a integrar el Sistema Eléctrico Nacional, extendiendo la cobertura del suministro y acelerando la industrialización. El Estado mexicano adquirió los bienes e instalaciones de las compañías privadas, las cuales operaban con serias deficiencias por la falta de inversión y los problemas laborales.

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

En esa década la inversión pública se destinó en más de 50% a obras de infraestructura. Se construyeron importantes centros generadores, entre ellos los de Infiernillo y Temascal, y se instalaron otras plantas generadoras alcanzando, en 1971, una capacidad instalada de 7,874 MW.

Al finalizar esa década se superó el reto de sostener el ritmo de crecimiento al instalarse, entre 1970 y 1980, centrales generadoras que dieron una capacidad instalada de 17,360 MW. Cabe mencionar que en los inicios de la industria eléctrica mexicana operaban varios sistemas aislados, con características técnicas diferentes, llegando a coexistir casi 30 voltajes de distribución, siete de alta tensión para líneas de transmisión y dos frecuencias eléctricas de 50 y 60 Hertz. Esta situación dificultaba el suministro de electricidad, por lo que CFE definió y unificó los criterios técnicos y económicos del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), normalizando los voltajes de operación, con la finalidad de estandarizar los equipos, reducir sus costos y los tiempos de fabricación, almacenaje e inventariado. Posteriormente se unificaron las frecuencias a 60 Hertz y CFE integró los sistemas de transmisión en el Sistema Interconectado Nacional (SIN).

En los años 80 el crecimiento de la infraestructura eléctrica fue menor que en la década anterior, principalmente por la disminución en la asignación de recursos a la CFE. No obstante, en 1991 la capacidad instalada ascendió a 26,797 MW.

A inicios del año 2000 se tenía ya una capacidad instalada de generación de 35,385 MW, cobertura del servicio eléctrico del 94.70% a nivel nacional, una red de transmisión y distribución de 614,653 kms., lo que equivale a más de 15 vueltas completas a la Tierra y más de 18.6 millones de usuarios, incorporando casi un millón cada año.

- A partir octubre de 2009, CFE es la encargada de brindar el servicio eléctrico en todo el país.

2.1.3.- Estrategias de Comisión Federal de Electricidad para el futuro

En su informe anual del 2011, publicado en el 2012, consultado Mayo 17, 2013 de http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Paginas/Informe_Anual_2012.aspx propone sus estrategias para los próximos años de acuerdo a su misión:

- Asegurar el servicio público de energía eléctrica en un marco de competencia y actualidad tecnológica, en condiciones de cantidad, calidad y precio, con la adecuada diversificación de las fuentes de energía.
- Optimizar el uso de la infraestructura física, comercial y de los recursos humanos.
- Proporcionar atención de excelencia a nuestros clientes.
- Proteger el medio ambiente, promover el desarrollo social, respetar los valores de las poblaciones donde se ubica la infraestructura y se realizan las obras de electrificación.

A partir de ahí, establece sus objetivos.

2.1.3.1.- Objetivos Estratégicos de Comisión Federal de Electricidad (CFE)

1.- GARANTIZAR EL ABASTO DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO

Asegurar un suministro eléctrico suficiente, oportuno y de calidad.

2.- INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD

Entregar nuestros productos y servicios con estándares internacionales, elevar la productividad de la empresa apoyados en innovación y desarrollo tecnológico, incrementar la eficiencia de sus procesos y optimizar costos.

3.- DAR UN BUEN SERVICIO AL CLIENTE

Ser reconocidos por la calidad del servicio y la atención al cliente.

4.- TRABAJAR CON CRITERIOS DE DESARROLLO SUSTENTABLE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL

Ser una empresa ambiental y socialmente responsable que cumple con la legislación aplicable, que promueve y desarrolla la generación de energía renovable, el diálogo con la sociedad y la transparencia de sus actividades.

5.- PARTICIPAR EN NUEVAS ÁREAS DE OPORTUNIDAD

Incrementar los beneficios de la CFE a través de proyectos que permitan aprovechar la infraestructura física, comercial y el capital intelectual para la provisión de otros servicios relacionados no eléctricos. (Considera servicios de telecomunicaciones, ingeniería, laboratorio, renta de infraestructura, y cualquier otro servicio que genere beneficios distintos al servicio eléctrico).

6.- PROMOVER EL LIDERAZGO Y DESARROLLO DEL PERSONAL

Atender de forma integral el ciclo de vida laboral del capital humano, para contar con trabajadores que tengan una cultura de alto desempeño, liderazgo y estén a la vanguardia del conocimiento para el desarrollo de sus actividades.

7.- CONTAR CON FORTALEZA FINANCIERA

Garantizar la capacidad económica de la empresa para hacer frente a su operación y proceso de expansión, así como la confianza de los mercados financieros.

2.1.4.- Planificación del Sistema Eléctrico Nacional

El objetivo de los estudios para planificar la expansión del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), es determinar las adiciones de capacidad de generación y transmisión necesaria para atender la demanda futura de electricidad, cumpliendo con las siguientes condiciones:

1. Mínimo costo: se busca minimizar la suma de los costos de inversión, operación y energía no suministrada.

2. Confiabilidad: se establecen márgenes de reserva para asegurar el suministro eléctrico a los usuarios.

El ejercicio de planificación se realiza cumpliendo con la normativa vigente sobre aspectos energéticos, financieros, ambientales y sociales.

La planificación del SEN considera dos procesos básicos: el desarrollo del sistema de generación y la expansión de la infraestructura de transmisión para el transporte de energía.

Para lograr los niveles de confiabilidad deseados en el suministro de energía, ambos sistemas deben desarrollarse de manera equilibrio.

2.1.5.- Desarrollo del mercado eléctrico

Un importante insumo para el proceso de planificación del SEN (Sistema Eléctrico Nacional) es el desarrollo del mercado eléctrico. Cada año, tomando como base los escenarios macroeconómicos proporcionados por la Secretaría de Energía y el cierre de información del mercado eléctrico del año anterior, se elabora el pronóstico para el consumo de energía eléctrica, las ventas del sector público y la demanda máxima de potencia. La información relevante del desarrollo del mercado eléctrico para el escenario de planeación en el periodo 2012 – 2026 es la siguiente:

1. Se estima que el consumo bruto de electricidad del SEN tendrá una tasa media de crecimiento anual de 4.0 por ciento, con lo cual pasará de 266 750 GWh en 2011 a

480 398 GWh al final del periodo.

2. En igual forma, se pronostica que la demanda máxima bruta del Sistema Interconectado Nacional (SIN) tendrá una tasa media de crecimiento anual de 4.0 por ciento, iniciando con 37 256 MW en 2011 y llegando a 66 514 MW en 2026.

2.1.5.1.-Generación

Durante el periodo del 2011, la generación de energía eléctrica del SEN (CFE + La Extinta L y FC) alcanzó 173 626 GWh, lo que representó un incremento del 6.5 por ciento respecto del año anterior. Del volumen generado, el 50.4 por ciento fue a base de hidrocarburos, mientras que las fuentes alternas aportaron el 49.6 por ciento restante.

Los tipos de centrales que tuvieron incrementos de generación de energía fueron:

Los incrementos en la parte de generación se ven reflejados en la generación Vapor e Hidráulica.

Los tipos de unidades con mayor contribución en el proceso de generación:

- Combustóleo o gas (vapor convencional) con 27.6 por ciento.
- Hidroeléctricas con 20.6 por ciento.
- Ciclo Combinado del SEN 19.8 por ciento. (No incluye a PIE's)
- Carboeléctricas con 19.3 por ciento (incluye Petacalco)
- Nucleoeléctricas con el 5.8 por ciento.
- Geotermoeléctricas con 3.7 por ciento.
- Eoloeléctrica con 0.1 por ciento.

El 3.0 por ciento restante se genera con centrales turbo gas de combustión interna

2.2.- Energía

De acuerdo a (ABC, D.,2007)se define a la energía como la capacidad de producir algún tipo de trabajo o poner algo en movimiento. Si bien el término puede definirse desde una variedad amplia de enfoques, lo cierto es que todos ellos guardan algún tipo de relación con la definición provista. La energía es un tópico de enorme relevancia para la actividad humana, en la medida en que permite el desarrollo de la vida en la tierra y sostiene la actividad económica.

La fuente de energía más importante para el hombre lo constituye el sol. Así es gracias a la luz solar que los vegetales pueden, a través de células especialmente diseñadas para esa tarea, tomar energía y producir su propio alimento que deriva en la producción de oxígeno. Así vistos los hechos, los vegetales también constituyen la primera fuente de energía de la cadena alimenticia, en la medida en que sirven para nutrir a los herbívoros, y desde allí, a todo el resto de los seres vivos, incluidos los carroñeros. En efecto, la energía aportada por el sol en forma de luz (fotones o energía lumínica) es transformada por los vegetales en energía química, almacenada en los nutrientes. Esta energía es a su vez liberada como energía calórica por los animales.

Vale señalar que, para las actividades de producción de bienes y servicios también es importante el requerimiento de fuentes de energía. Es por ello que la explotación de recursos energéticos tiene una enorme importancia estratégica, porque es la base sobre la que se pone en funcionamiento toda la economía. Las principales fuentes de energía en este sentido lo constituyen los hidrocarburos, que son compuesto orgánicos que se conforman por hidrógeno y carbono; así, el gas natural y el petróleo son indispensables para que la actividad humana se desarrolle en nuestros días. Resulta de interés señalar que estos productos se han originado a partir de un lento y progresivo proceso que tuvo como punto de partida a seres vivos, motivo por lo cual se los conoce como “combustibles fósiles”. En términos estrictos y recordando el párrafo previo, la energía contenida en estos productos no deja de ser también originada en el sol, aunque hace miles de años.

Uno de los principales problemas en la actualidad, que aguardan su solución, es la necesidad de extraer energía de nuevas fuentes. Una posible respuesta la ofreció por mucho tiempo la energía nuclear, pero su costo y los peligrosos accidentes asociados a ella actuaron en detrimento de esta posibilidad. Otras variantes para generar energía pueden ser el uso del viento, de las mareas, del calor de la tierra, de los ríos, etc. En el caso particular de la propulsión por el aire en movimiento, conocido como energía eólica, se conoce desde antaño en el marco del uso de molinos con los más variados fines. En la actualidad, es posible obtener grandes alícuotas de energía con este recurso, si bien se encuentra limitado a zonas ventosas. Por otra parte, el movimiento de las aguas (ya sea

por medio de las mareas o de la actividad de los ríos) representa un recurso de gran interés por su limpieza y su característica ecológica, aunque puede depender en gran medida de factores climáticos y del caudal de los cursos de agua involucrados en el proceso. La utilización de celdas solares para acumular energía en forma directa a partir de los fotones del sol es una posibilidad notable, si bien se admite que se requiere una gran cantidad de celdas para lograr este efecto aún para pequeños consumidores, (ABC, D.,2007).

Diamond (2005) señala a la energía y el cambio climático antropogénico; éste se debe en buena parte a las emisiones de dióxido de carbono que generan las actividades humanas, principalmente la quema de hidrocarburos.

Lo anterior ha traído como consecuencia una intensificación en la investigación de opciones de energía a partir de fuentes renovables como la energía geotérmica, solar, eólica, mareomotriz, entre otras, aunque su crecimiento se ha dificultado porque todavía se les imputa su baja potencia en comparación con los combustibles fósiles, además de su poca competitividad en el mercado (Taddei Bringas et al., 2012).

Hinojosa Palafox, en Taddei y Luna (2010) establecen que el crecimiento de la población a escala mundial y la búsqueda por incrementar los estándares de vida ha aumentado en forma acelerada el uso de energía, ya que de acuerdo a cifras de la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), el consumo total de energía primaria a escala mundial ha pasado de 71117.45 TWh en 1973 a 139897.27 TWh en el 2007, lo que representa un incremento de 96.7%.

Asimismo de la energía total consumida en 2007 a escala mundial, 34.1% se obtuvo del petróleo, mientras que el gas natural aportó 20.9% y el carbón suministró 26.5%, por lo que aproximadamente 81% de la energía total consumida en el mundo en ese año provino de combustibles de origen fósil.

Este uso intensivo de combustible de origen fósil para satisfacer la demanda mundial de energía es una de las principales fuentes de contaminación de la atmósfera; la combustión de combustibles fósiles contribuye con ochenta por ciento de CO₂ atribuible a la actividad

humana. Según la Agencia Internacional de Energía (AIE) la producción anual de CO₂ por la quema de combustibles fósiles ha variado de 15640 millones de toneladas en 1973 a 28962 millones de toneladas en el 2007.

Por otro lado, la cantidad de gases de invernadero ha aumentado en treinta por ciento desde la aparición de la revolución industrial hasta nuestros días. Modelos computacionales y la ciencia del clima predicen que, a menos que modifiquemos las emisiones de los gases de invernadero, el aumento en la concentración global de estos producirá un incremento en la temperatura global del planeta de alrededor de 1.4-5.8°C. Hay incertidumbre acerca de la escala e impactos del cambio climático, particularmente a escala regional. Sin embargo, los daños muy probablemente incluirán un aumento en el nivel global del océano (se ha proyectado un incremento de 9 a 99 cm para el año 2100), el movimiento de zonas climáticas hacia los polos en alrededor de 150 a 550 km y posibles riesgos en la seguridad alimenticia y la salud.

2.2.1.- Energías Renovables

La energía renovable es generalmente definida como la energía que proviene de los recursos que se reponen naturalmente en una escala temporal humana, tales como la luz del sol , el viento , la lluvia , las mareas , las olas y el calor geotérmico .

La energía renovable sustituye a los combustibles convencionales en cuatro áreas distintas: la generación de electricidad , agua caliente / calefacción , combustibles para motores y rural (fuera de la red) los servicios de energía. (Omar Ellabban, Haitham Abu-Rub, Frede Blaabjerg., 2010).

Sobre la base del informe 2014 de REN21 's 2014, las energías renovables aportaron el 19 por ciento de nuestro consumo de energía y el 22 por ciento de nuestra producción de electricidad en 2012 y 2013, respectivamente. Ambos, las energías renovables modernas, como la hidroeléctrica, eólica, solar y los biocombustibles, así como la biomasa tradicional, contribuyeron en aproximadamente partes iguales a la oferta global de energía. Inversiones mundiales en tecnologías renovables ascendieron a más de US \$ 214

mil millones en 2013, con países como China, y el de los Estados Unidos en gran medida que invierten en eólica, hidráulica, solar y biocombustibles.(REN21, 2014).

Existen recursos energéticos renovables en amplias zonas geográficas, a diferencia de otras fuentes de energía, que se concentran en un número limitado de países. El rápido despliegue de las energías renovables y la eficiencia energética se traduce en importancia la seguridad energética , la mitigación del cambio climático , y los beneficios económicos. (Agencia Internacional de la Energía, 2012). En las encuestas de opinión pública internacional hay un fuerte apoyo para la promoción de las fuentes renovables como la energía solar y la energía eólica. (Tendencias mundiales en inversiones en energía sostenible, 2007). A nivel nacional, al menos 30 países de todo el mundo ya tienen las energías renovables contribuyen con más del 20 por ciento del suministro de energía. Los mercados nacionales de energía renovables se prevé que seguirá creciendo con fuerza en la próxima década y más allá.

Mientras que muchos proyectos de energía renovable son a gran escala, las tecnologías renovables también son adecuados para las zonas rurales y áreas remotas y los países en desarrollo , donde la energía es a menudo crucial en el desarrollo humano . (Evaluación Mundial de la Energía, 2001) de las Naciones Unidas 'Secretario General Ban Ki-moon, ha dicho que renovable energía tiene la capacidad de levantar las naciones más pobres a nuevos niveles de prosperidad. (Steve Leona, 25 de Agosto del 2011), (Véase fig. 2.1).

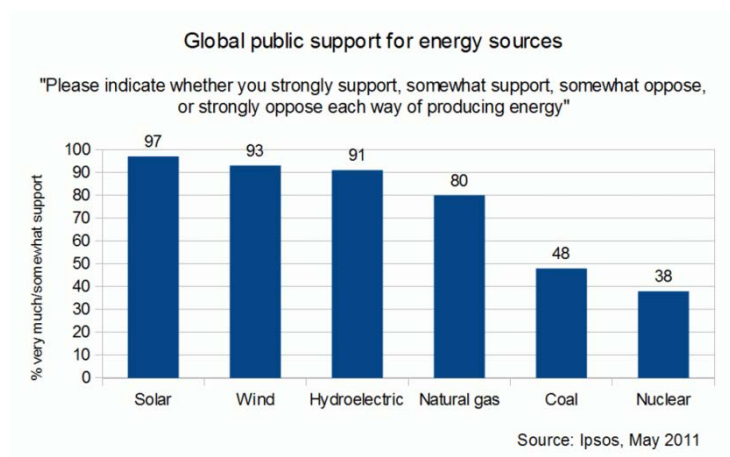


Figura 2.1.- Apoyo público global para las fuentes de energía

Fuente: Ipsos (2011)

La energía renovable sustituye a los combustibles convencionales en cuatro áreas distintas: la generación de electricidad, agua / la calefacción caliente, carburantes, y los servicios energéticos rurales (fuera de red):

La generación de energía. La energía renovable ofrece un 19% de generación de electricidad en todo el mundo. Generadores de energía renovable se distribuyen en muchos países, y la energía eólica sólo proporciona ya una parte importante de la electricidad en algunas áreas, por ejemplo, el 14% en el estado de Iowa, EE.UU., el 40% en el estado del norte de Alemania de Schleswig-Holstein, y 49 % en Dinamarca. Algunos países obtienen la mayor parte de su energía de fuentes renovables, como Islandia (100%), Noruega (98%), Brasil (86%), Austria (62%), Nueva Zelanda (65%) y Suecia (54%).

Calefacción. El agua caliente solar hace una importante contribución al calor renovable en muchos países, sobre todo en China, que ahora tiene 70% del total mundial (180 GWh). La mayoría de estos sistemas están instalados en edificios de viviendas multifamiliares y conoce a una parte de las necesidades de agua caliente de un estimado de 50-60 millones de hogares en China. Sistemas en todo el mundo, instalada total solares de calentamiento de agua se encuentran una parte de las necesidades de calefacción de

agua de más de 70 millones de hogares. El uso de la biomasa para la calefacción sigue creciendo también. En Suecia, el uso de la energía de la biomasa ha superado a la de aceite. Dirigir geotérmica la calefacción también está creciendo rápidamente. Véase fig. 2.2, que presenta una recopilación de datos de los informes anuales desde 2006, la última de ellas: REN21, en el Informe Global del Estado Renovables 2012, donde se observa la capacidad de energía renovable (total, no incluyendo hidro) capacidad fotovoltaica solar (total) la capacidad de energía eólica Biomasa (total) (72 GW), geotérmica (estimado 11,2 GW de capacidad).

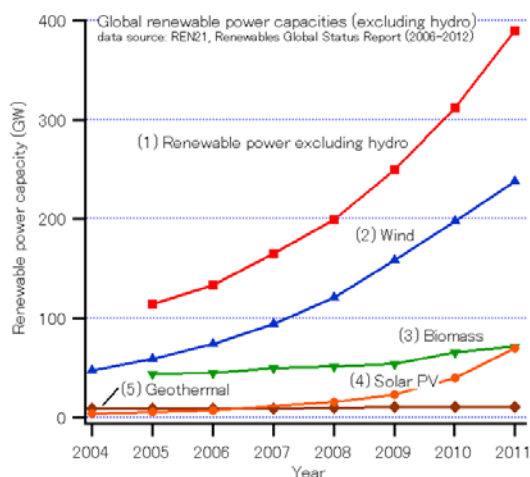


Figura 2.2.- El crecimiento global de las energías renovables a lo largo del 2011

Fuente: Informe global del Estado Renovable (2012)

Los combustibles para el transporte. Biocombustibles renovables han contribuido a una disminución significativa en el consumo de petróleo en los Estados Unidos desde 2006. Los 93 millones de litros de biocombustibles producidos a nivel mundial en 2009 desplazada equivalen a un estimado de 68 mil millones de litros de gasolina, lo que equivale a aproximadamente el 5% del mundo la producción de gasolina.

A nivel nacional, al menos 30 países de todo el mundo ya cuentan con energía renovable que contribuye más del 20% del suministro de energía. Se proyectan mercados nacionales de energía renovables para seguir creciendo con fuerza en la próxima década y más allá, y

unos 120 países tienen diversos objetivos de política para las acciones a largo plazo de la energía renovable, incluyendo un enlace 20% en meta de 2020 para la Unión Europea. Algunos países tienen objetivos políticos muy superiores a largo plazo de hasta 100% de energías renovables. Fuera de Europa, un grupo diverso de 20 o más países destinatarios las acciones de energía renovables en el marco temporal 2020-2030, que van desde 10% a 50%.

En las encuestas de la opinión pública internacional hay un fuerte apoyo para la promoción de las fuentes renovables como la energía solar y la energía eólica, que requieren los servicios públicos a utilizar más energía renovable (incluso si esto aumenta el costo), y proporcionar incentivos fiscales para fomentar el desarrollo y uso de estas tecnologías. Hay optimismo considerable de que las inversiones en energías renovables se verán recompensadas económicamente en el largo plazo.

Además un futuro sostenible implica reforzar el ahorro energético y apoyar las tecnologías energéticas con bajas o nulas emisiones de CO₂, sobre todo las renovables (RE). En esta sección se habla de los escenarios energéticos sostenibles que han desarrollado diferentes organismos e instituciones internacionales como la Agencia Internacional de la Energía (IEA), el Instituto de Prospectiva Tecnológica de la Comisión Europea (IPTS), el *Roadmap 2050* de la Comisión Europea (EC, 2011) o el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). A partir de ellos se evaluó el potencial y la participación de las energías renovables en los escenarios energéticos.

Como punto de partida, la IEA anunció recientemente que las emisiones de CO₂ en el año 2010 fueron las más altas de la historia, a pesar del contexto recesivo de la mayor parte de las economías avanzadas del planeta. Este dato pone en evidencia lo difícil que resultará alcanzar objetivos como los fijados en las últimas conferencias de las partes y a los que nos referimos con anterioridad. En cualquier caso, la ambición del objetivo buscado tendrá importantes efectos sobre la configuración de los sistemas energéticos globales y sobre la participación de las energías renovables en éstos.

2.2.2.- La importancia de las energías renovables en los escenarios globales

Para evaluar el papel que pueden jugar las renovables en reducir las emisiones de GEI hay que analizar cómo cambia el mix energético dentro de los escenarios descritos, partiendo de la situación actual. Así, según datos del informe especial del IPCC (2011) sobre fuentes de energías renovables y mitigación del cambio climático (SRREN), en 2008 la energía renovable representó globalmente el 12,9% de la energía primaria. La mayor aportación la realizó la biomasa (10,2%) con un 60% de utilización de biomasa tradicional para calefacción y para cocinar en países en desarrollo, y un menor papel de la energía hidráulica (2,3%). Adicionalmente, en 2008 las energías renovables contribuyeron un 12.9% en la generación eléctrica, tal y como se observa en la Figura 2.3.

Todos los escenarios futuros analizados asumen un mayor papel de las energías renovables en los sistemas energéticos. La Figura 2.4 ilustra la importancia de diferentes medidas de reducción de emisiones (en Mt CO₂) y las diferencias entre diferentes regiones del escenario del IPTS (2009). El área gris recoge las emisiones en el escenario de reducción del IPTS, y el conjunto de las áreas coloreadas las emisiones según tendencia. En consecuencia, cada una de las áreas refleja la contribución de diferentes esfuerzos adicionales de ahorro de emisiones (con respecto a la evolución tendencial) en el escenario de reducción. Se puede observar que todos los escenarios cuentan con una combinación de renovables, eficiencia energética, captura y almacenamiento de carbono (CCS), y energía nuclear. Por eso la participación y coste de las energías renovables dependen fuertemente del comportamiento de las demás tecnologías disponibles con bajas emisiones de GEI (y viceversa), (Xavier Labandeira, P. L., 2012).

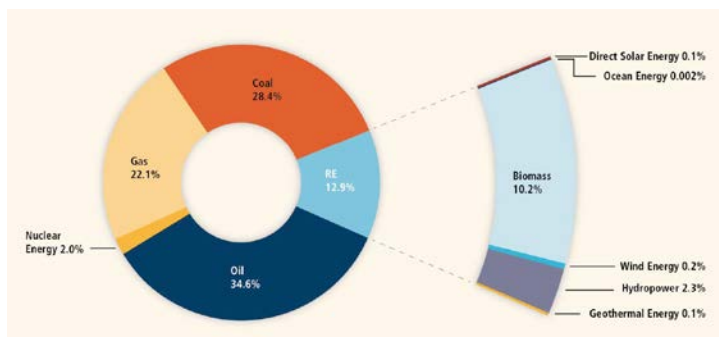


Figura 2.3.- Contribución de distintas fuentes a la energía primaria global

Fuente: IPCC (2011)

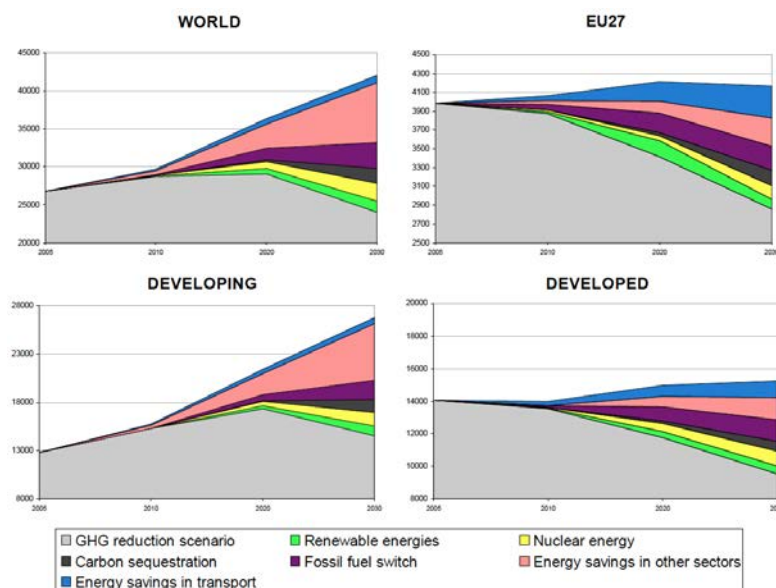


Figura 2.4.- Emisiones de GEI y contribución de las distintas tecnologías energéticas

Fuente: IPTS (2009)

Y de acuerdo a (Prospectiva del Sector Eléctrico 2012 – 2026, 2012), establece que El portafolio de generación eléctrica se está diversificando a nivel mundial, especialmente por una mayor participación de las fuentes renovables, cuyo crecimiento fue de 2.2% anual durante el periodo 1990 a 2010. Se estima que en el periodo 2008-2035, el consumo de energía eléctrica generada a partir de las fuentes renovables tendrá un mayor crecimiento, especialmente en los países emergentes como China, India, Brasil y Rusia. En los países avanzados se espera un incremento más moderado.

Actualmente, las fuentes renovables representan una alternativa con un extenso potencial para disminuir la dependencia global en el consumo de combustibles fósiles. Sus aplicaciones en operación han crecido hasta cubrir prácticamente todos los usos finales de la energía en el mundo, desde los procesos de secado o deshumidificación de granos a cielo abierto (por ejemplo el café), hasta la generación de electricidad por medio de paneles solares instalados en las sondas espaciales.

El aprovechamiento de las fuentes renovables para generar electricidad muestra niveles de desarrollo asimétrico entre economías avanzadas y economías en desarrollo o emergentes. A excepción de Canadá y Turquía, donde se tienen planes para el desarrollo de grandes proyectos hidroeléctricos, en las economías OCDE la mayor parte de los recursos hidroeléctricos económicamente explotables ya han sido desarrollados. Por ello, la mayor parte del crecimiento en las energías renovables en dichos países corresponderá a fuentes diferentes a la hidráulica, como el viento y la biomasa. En este sentido, varios países, principalmente en Europa, han implementado políticas de estímulo para impulsar el aprovechamiento de las fuentes renovables por medio de incentivos financieros (tarifas de estímulo o Feed-in tariffs, FIT, Estas tarifas son un esquema que paga a los usuarios por generar su propia electricidad.), incentivos fiscales, fijación de cotas de mercado, entre otros instrumentos. Con ello, se busca alcanzar la meta de participación de 20% a partir de fuentes renovables en la generación en 2020.

Asimismo, la necesidad de implementar tecnologías de generación eléctrica libres de emisiones de GEI, así como la volatilidad de los precios de los combustibles fósiles, permitirán que el mercado mundial de las fuentes de energía renovable se expanda. Por ejemplo, en más de la mitad de los estados en Estados Unidos existen cotas mínimas para la capacidad y generación a partir de fuentes renovables, lo que favorecerá su impulso y desarrollo.

Pese al número reducido de incentivos económicos para el desarrollo de las fuentes renovables en Medio Oriente, se estima que éstas tendrán una mayor participación en la generación eléctrica en los siguientes años. Uno de los países que está impulsando este tipo de fuentes es Irán, que generó 10% de su electricidad a partir de hidroeléctricas en

2010, espera adicionar 4 GW de nueva capacidad hidroeléctrica después de pasar por un periodo de sequía en 2007 y 2008 que redujo su capacidad en aproximadamente 75%. De igual manera, la meta de los Emiratos Árabes Unidos es generar 7% de su electricidad a partir de fuentes renovables para 2020.

En África, el crecimiento de la generación a partir de recursos hídricos y otras fuentes renovables será más lento debido a la disponibilidad de los recursos, tanto energéticos como financieros.

Actualmente, en esta región existen proyectos para aumentar su capacidad hidroeléctrica, muchos de ellos están programados para entrar en operación antes de 2035.

2.2.3.- Energía Renovable en Sonora

De acuerdo a la Secretaria de economía de Sonora, en su página electrónica <http://www.1economiasonora.gob.mx/sectores/energias>, establece que:

- Sonora tiene los más altos niveles de radiación solar en México alcanzan de 6-8 kWh / m² más de su superficie total; además, algunas zonas de la región registrarse vientos de más de 8 m / s
- En el noroeste de Sonora, podemos encontrar una gran radiación solar de 7.8 kWh / m²
- El Estado ofrece una gran disponibilidad de tierras en áreas con alta radiación solar para el desarrollo de proyectos relacionados con este sector industrial

2.3.- Energía Solar

La energía solar es la energía obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol.

La radiación solar que alcanza la Tierra ha sido aprovechada por el ser humano desde la Antigüedad, mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando con el tiempo desde su concepción. En la actualidad, el calor y la luz del Sol puede aprovecharse por

medio de captadores como células fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, que pueden transformarla en energía eléctrica o térmica. Es una de las llamadas energías renovables o energías limpias, que puede hacer considerables contribuciones a resolver algunos de los más urgentes problemas que afronta la Humanidad, (Solar Energy Perspectives: Executive Summary, 2011).

Las diferentes tecnologías solares se clasifican en pasivas o activas en función de la forma en que capturan, convierten y distribuyen la energía solar. Las tecnologías activas incluyen el uso de paneles fotovoltaicos y colectores térmicos para recolectar la energía. Entre las técnicas pasivas, se encuentran diferentes técnicas enmarcadas en la arquitectura bioclimática: la orientación de los edificios al Sol, la selección de materiales con una masa térmica favorable o que tengan propiedades para la dispersión de luz, así como el diseño de espacios mediante ventilación natural.

En 2011, la Agencia Internacional de la Energía se expresó en los siguientes términos: "el desarrollo de tecnologías solares limpias, baratas e inagotables supondrá un enorme beneficio a largo plazo. Aumentará la seguridad energética de los países mediante el uso de una fuente de energía local, inagotable y, aún más importante, independiente de importaciones, aumentará la sostenibilidad, reducirá la contaminación, disminuirá los costos de la mitigación del cambio climático, y evitará la subida excesiva de los precios de los combustibles fósiles. Estas ventajas son globales. De esta manera, los costos para su incentivo y desarrollo deben ser considerados inversiones; deben ser realizadas de forma sabia y deben ser ampliamente difundida", (Solar Energy Perspectives: Executive Summary, 2011).

La energía solar en España es una fuente de energía eléctrica renovable que se encuentra en una fase avanzada de desarrollo, instalación y aprovechamiento. Se puede subdividir en dos tipos, principalmente: energía solar fotovoltaica y termo solar.

España es uno de los países de Europa con mayor cantidad de horas de sol, a lo que se unen los compromisos europeos en instalación de energías renovables así como la

conveniencia estratégica de disminuir la gran dependencia energética exterior y aumentar la autonomía energética.

Todo ello contribuyó a que España fuera inicialmente uno de los primeros países a nivel mundial en investigación, desarrollo y aprovechamiento de la energía solar, (elpais.com 2010).

(Solar Energy Perspectives: Executive Summary, 2011). Actualmente, y gracias a los avances tecnológicos, la sofisticación y la economía de escala, el costo de la energía solar fotovoltaica se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales, (Richard Swanson, 2009). Con ello ha aumentado a su vez la eficiencia, y su costo medio de generación eléctrica ya es competitivo con las fuentes de energía convencionales en un creciente número de regiones geográficas, alcanzando la paridad de red. Otras tecnologías solares, como la energía solar termoeléctrica está reduciendo sus costos también de forma considerable.

De ahí que, dentro de las perspectivas de energía solar en la actualidad, se ofrece nueva visión actualizada de las tendencias en la tecnología y los mercados, así como nuevos análisis sobre cómo las tecnologías de energía solar para la electricidad, el calor y los combustibles se puede utilizar en los distintos sectores consumidores de energía, ahora y en el futuro.

Si las políticas eficaces de apoyo se ponen en marcha en un amplio número de países durante esta década, la energía solar en sus diversas formas - el calor solar, la energía solar fotovoltaica, energía solar térmica, combustibles solares - puede hacer contribuciones importantes a la solución de algunos de los más urgentes problemas que hoy enfrenta el mundo: el cambio climático, la seguridad energética y el acceso universal a servicios energéticos modernos.

La energía solar ofrece un clima amable, fuente de energía muy abundante e inagotable, limpia a la humanidad, relativamente bien distribuidas en el mundo. Su disponibilidad es mayor en los países cálidos y soleados - los países que experimentarán la mayor parte de la población mundial y el crecimiento económico en las próximas décadas. Ellos

probablemente contendrán alrededor de 7 mil millones de habitantes en 2050 frente a 2 millones en los países fríos y templados (incluyendo la mayoría de Europa, Rusia y partes de China y los Estados Unidos de América).

Los costos de la energía solar han estado cayendo rápidamente y están entrando en nuevas áreas de la competitividad. La Electricidad Térmica Solar (STE, por sus siglas en inglés) y la electricidad solar fotovoltaica (FV) son competitivas frente a la generación de electricidad alimentada por el petróleo en los países soleados, por lo general para cubrir las puntas de demanda, y en muchas islas.

La dinámica del despliegue FV ha sido especialmente notable, impulsado principalmente por las tarifas de alimentación. FV es muy modular, fácil y rápida de instalar y accesible para el público en general.

Con políticas adecuadamente establecidas y mercados maduros y las finanzas, los proyectos fotovoltaicos pueden tener plazos cortos de entrega. Las rápidas reducciones de costos impulsados por esta implantación han confirmado las expectativas previas relacionadas con la tasa de aprendizaje de la energía fotovoltaica. También han aumentado la confianza de que la implementación sostenida reducirá aún más los costos - si las políticas y los incentivos se ajustan para la reducción de costos, pero no suspendido.

La electricidad solar térmica (STE) permite desplazar la producción de electricidad solar para las horas pico o medio pico en la noche, o el contagio a horas de carga base durante todo el día, a través del uso de almacenamiento térmico. El combustible de reserva y la hibridación con otros recursos que ayudan a hacer fiable y gestionable en la demanda, y ofrecer opciones más económicas para la inclusión de la energía solar en el mix eléctrico.

SHE que es una empresa central térmica solar hoy se basa en tecnologías de concentración de energía solar (CSP), que pueden ser utilizados donde el sol es muy brillante y el cielo claro. Líneas de transmisión de largo alcance capaces de transportar SHE limpia de áreas favorables (por ejemplo, el norte de África) a otras áreas de consumo de gran tamaño (por ejemplo, Europa). Como tal, SHE complementa PV en lugar de competir con él.

Las Plantas fotovoltaicas emergen, aunque una importante ventaja de la energía fotovoltaica es que se puede construir cerca de los consumidores (por ejemplo, en la construcción de los techos). SHE se presta a las plantas a escala comercial, pero SHE pequeña escala puede encontrar nichos de mercado en redes aisladas o débil. Firmes y flexibles capacidades SHE permiten a la energía renovable más variable (es decir, la energía eólica y solar fotovoltaica) en el mix eléctrico de las redes.

Fuera de la red en los países en desarrollo, la energía solar fotovoltaica y SHE pueden transformar las vidas de los 1,4 mil millones de personas están privadas de acceso a la electricidad, y los que apenas se puede confiar en su red.

La cocina solar y calefacción solar de agua también pueden proporcionar importante contribución para elevar el nivel de vida en las economías en desarrollo. Incluso en países con sistemas de energía bien desarrolladas, las tecnologías solares pueden ayudar a garantizar una mayor seguridad energética y la sostenibilidad.

Los edificios son los mayores consumidores de energía en la actualidad. Edificio de energía positiva que combina un excelente aislamiento térmico, el diseño inteligente y la explotación de los recursos solares libres puede ayudar a cambiar esto. La energía ambiental, es decir, el calor de baja temperatura del aire circundante y suelo, se transfirió a edificios con bombas de calor, calefacción solar de agua, la calefacción solar, refrigeración solar y fotovoltaica se pueden combinar para satisfacer las necesidades de energía de los edificios, con un mínimo de desperdicio.

La industria requiere grandes cantidades de electricidad y calor de proceso en los distintos niveles de temperatura.

A principios de los ejercicios de modelado de la Agencia Internacional de Energía (AIE) han estado buscando para la mezcla de menor costo de energía para el año 2050 compatible con el corte de las emisiones mundiales de CO₂ relacionadas con la energía a la mitad los niveles de 2005. La variante de escenario de alta Renovable demostró que FV y SHE juntos podrían proporcionar hasta el 25% de la electricidad mundial en 2050. En tales escenarios limitados por el carbono, el costo nivelado de la electricidad solar se

acerca a los de la competencia, incluidos los combustibles fósiles, a unos USD 100 / MWh en el 2030.

2.3.1.-Energía Solar Fotovoltaica Como Fuente de Energía



Figura. 2.5 Paneles solares fotovoltaicos de películas delgadas

Fuente: Planta del Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL) de Estados Unidos.

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable (Joshua Pearce, 2002), obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica.

Este tipo de energía se usa para alimentar innumerables aparatos autónomos, para abastecer refugios o casas aisladas y para producir electricidad a gran escala para redes de distribución. Debido a la creciente demanda de energías renovables, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha avanzado considerablemente en los últimos años.

(Roedern, H. S., 2007). Establecieron que los principales avances que se han producido en los últimos años como tecnologías fotovoltaicas de película delgada (FV) (Fig. 2.5) a base de cobre, indio, galio y selenio (CIGS) y telurio de cadmio (Cd Te) siguen entrando en el mercado de las diversas aplicaciones. (Silicio amorfo [a-Si] y Si delgado. La cuota de mercado mundial de películas delgadas FV en el año 2006 fue inferior al 6%. Sin

embargo, la cuota de mercado de FV de película delgada en los Estados Unidos continúa creciendo rápidamente y se informó en más de un 44% en año 2006. Este número es principalmente debido al crecimiento agresivo en la capacidad de fabricación de First Solar en Perrysburg, Ohio. En el caso de a-Si, Uni-Solar en Auburn Hill, Michigan sigue desempeñando un papel de liderazgo en los Estados Unidos. Ambas empresas reportan un fuerte crecimiento en año 2006, y año 2007 estimaciones deben ser aún mejor.

Y los rendimientos típicos de una célula fotovoltaica de silicio poli cristalino oscilan entre el 14%-20%. Para células de silicio mono cristalino, los valores oscilan en el 15%-21%, (Shahan, Z., 2011). Los más altos se consiguen con los colectores solares térmicos a baja temperatura (que puede alcanzar un 70% de rendimiento en la transferencia de energía solar a térmica).

Los paneles solares fotovoltaicos no producen calor que se pueda reaprovechar -aunque hay líneas de investigación sobre paneles híbridos que permiten generar energía eléctrica y térmica simultáneamente. Sin embargo, son muy apropiados para proyectos de electrificación rural en zonas que no cuentan con red eléctrica, instalaciones sencillas en azoteas y de autoconsumo fotovoltaico.

El autoconsumo fotovoltaico consiste en la producción individual a pequeña escala de electricidad para el propio consumo, a través de los paneles solares. Ello se puede complementar con el balance neto. Este esquema de producción, que permite compensar el consumo eléctrico mediante lo generado por una instalación fotovoltaica en momentos de menor consumo, ya ha sido implantado con éxito en muchos países. Fue propuesto en España por la asociación de la industria fotovoltaica (ASIF) para promover la electricidad renovable sin necesidad de apoyo económico adicional. El balance neto estuvo en fase de proyecto por el Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). y ha sido recogido en el Plan de Energías Renovables 2011-2020 y el Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia, (España, 2011).

Para incentivar el desarrollo de la tecnología con miras a alcanzar la paridad de red - igualar el precio de obtención de la energía al de otras fuentes más económicas en la actualidad, existen primas a la producción, que garantizan un precio fijo de compra por parte de la red eléctrica. Es el caso de Alemania, Italia o España. Este esquema de incentivos ya ha dado sus frutos, logrando que los costos de la energía fotovoltaica se sitúen por debajo del precio de venta de la electricidad tradicional en un número creciente de regiones.

Según un estudio publicado en 2007 por el World Energy Council, para el año 2100 el 70% de la energía consumida será de origen solar. Según informes de Greenpeace, la fotovoltaica podrá suministrar electricidad a dos tercios de la población mundial en 2030.

Por otro lado, algunos países, como es el caso de Tokelau, no cuentan con mix eléctrico, ya que obtienen toda la electricidad que necesitan del sol, (Pepa Mosquera, 2013).

Así también (Colegio Oficial de Ingenieros en Telecomunicaciones, 2002), La Energía Solar Fotovoltaica ha alcanzado notable actualidad en Europa y España, tanto por su importante protagonismo industrial como por la adopción de medidas específicas que favorecen un considerable desarrollo del mercado.

Desde el punto de vista tecnológico puede decirse que España tomó el tren fotovoltaico a tiempo y ha aprovechado las oportunidades de participar en un mercado global sin complejos. Ha sido uno de los principales suministradores de módulos fotovoltaicos y ha adoptado el concepto de tarifa especial que prima la producción de Energía Solar Fotovoltaica para activar el mercado, lo que la ha convertido en una de las localizaciones preferidas del mundo para la instalación de centrales fotovoltaicas.

El volumen de negocio, que ha crecido globalmente al 40% en los últimos años, indica que la Energía Solar Fotovoltaica en sus variados aspectos constituye una actividad interesante para los Ingenieros de Telecomunicación. El papel de los Ingenieros de Telecomunicación ha sido importante en el sector desde el primer momento de su adopción como fuente terrestre de energía, lo que resulta natural dada la ligazón con el mundo de los dispositivos electrónicos y las células solares.

Del mismo modo, la falta de precedentes históricos de esta forma de generación impide la asignación exclusiva a cualquier Ingeniería.

Dada la complejidad de la I+D+i en células solares, la multitud de aplicaciones, la evolución de los costos y el rápido crecimiento del mercado, se ha dedicado una extensión importante a esbozar lo mejor posible el marco general global.

2.3.1.1.- Aspectos Generales de la Energía solar Fotovoltaica

La electricidad es la forma más versátil de energía que existe. Permite que los ciudadanos de los países desarrollados dispongan de luz, refrigeración, control de la temperatura en sus casas, colegios y oficinas y acceso a los medios de comunicación por cable y radio. El acceso a la electricidad está directamente relacionado con la calidad de vida.

De acuerdo con la revista NAP (G. d. 2002) la Energía Solar Fotovoltaica presenta ventajas e inconvenientes tanto técnicos como no técnicos. A menudo, las ventajas y desventajas son diametralmente opuestas a las de las centrales convencionales de fuel. Por ejemplo, las plantas de combustibles fósiles provocan emisiones peligrosas para el medio ambiente, usan una fuente limitada, su costo tiende a crecer y no son modulares, es decir, no se pueden hacer plantas pequeñas. La Energía Solar Fotovoltaica no tiene ninguno de esos problemas; por el contrario tiene la desventaja de su difícil almacenamiento. Por último, coinciden en ser ambas tecnologías muy fiables.

En la Tabla 2.1 se identifican las ventajas e inconvenientes de la Energía Solar Fotovoltaica. Algunos de estos últimos no son técnicos sino que están relacionadas con la economía o las infraestructuras, pero pueden compensarse parcialmente gracias a la gran aceptación pública y por los indudables beneficios al medio ambiente.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Limpia, renovable, infinita, silenciosa	Gran inversión inicial
Retribuida económicamente la producción para venta a red	Difícil almacenamiento
Subvenciones	Proceso de fabricación de módulos complejos y caros
Corto pay-back de la energía	No competitiva con otras energías en la actualidad
Sin partes móviles y modular	Producción variable según climatológicamente y época del año

Tabla 2.1. Ventajas e inconvenientes de la Energía Solar Fotovoltaica

Fuente: (NAP, G. d., 2002)

Ahora, de acuerdo al Manual sobre energía renovable/Solar Fotovoltaica, (2002), se establece que:

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene por medio de la transformación directa de la energía del sol en energía eléctrica.

Esta definición de la energía solar fotovoltaica, aunque es breve, contiene aspectos importantes sobre los cuales se puede profundizar:

1. La energía solar se puede transformar de dos maneras

La primera utiliza una parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir calor. A la energía obtenida se le llama energía solar térmica. La transformación se realiza mediante el empleo de colectores térmicos.

La segunda, utiliza la otra parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir electricidad. A la energía obtenida se le llama energía solar fotovoltaica. La transformación se realiza por medio de módulos o paneles solares fotovoltaicos.

2. La energía solar fotovoltaica se utiliza para hacer funcionar lámparas eléctricas, para iluminación o para hacer funcionar radios, televisores y otros electrodomésticos de bajo consumo energético, generalmente, en aquellos lugares donde no existe acceso a la red eléctrica convencional.

3. Es necesario disponer de un sistema formado por equipos especialmente contruidos para realizar la transformación de la energía solar en energía eléctrica. Este sistema recibe el nombre de sistema fotovoltaico y los equipos que lo forman reciben el nombre de componentes fotovoltaicos.

La energía solar se encuentra disponible en todo el mundo. Algunas zonas del planeta reciben más radiación solar que otras, sin embargo, los sistemas fotovoltaicos tienen muchas aplicaciones.

Según las clasificaciones de la intensidad de la radiación solar en diferentes regiones del mundo, América Central es una región muy privilegiada con respecto del recurso solar disponible, aunque siempre es necesario evaluar el potencial solar de un sitio específico donde se planea instalar un sistema fotovoltaico.

La energía del sol es un recurso de uso universal; por lo tanto, no se debe pagar por utilizar esta energía. Sin embargo, es importante recordar que para realizar la transformación de energía solar en energía eléctrica se necesita de un sistema fotovoltaico apropiado. El costo de utilizar la energía solar no es más que el costo de comprar, instalar y mantener adecuadamente el sistema fotovoltaico.

2.3.1.2.- Irradiación Solar Global

Otro aspecto muy importante es conocer la irradiación solar que se obtiene en México, esto con el propósito de conocer los lugares adecuado, para instalar plantas solares fotovoltaicas, para la generación de energía eléctrica ya que el presente estudio del estudio la evaluación del ciclo de vida (ECV), se realiza con datos de bibliografía y que el propio software lo propone para ello, y es que una planta de gran generación y que se agregue a la red es prácticamente nula en México.

Solartronic, (2003) hace un estudio sobre la irradiación solar en México y aunque se han desarrollado varios modelos empíricos, por regla general, los parámetros que se requieren para su aplicación son básicamente los mismos. Los parámetros meteorológicos que normalmente se utilizan son la humedad relativa, la temperatura, la altitud, la nubosidad, así como la heliófila relativa. Los modelos que más aceptación han tenido son aquellos que consideran únicamente la heliófila relativa o bien la cantidad de nubes ya que son simples expresiones de regresión del proceso real de transferencia radiactiva en la atmósfera. En un análisis comparativo de algunos modelos empíricos con datos medidos en la Cd. de México por el grupo de radiación solar del Instituto de Geofísica, UNAM, se encontró que el modelo de Reddy [Reddy, 1971] proporcionó mejores resultados que otros modelos utilizados para México (Velásquez et al, 1988). Un resultado interesante de dicho análisis fue que los modelos que requieren para su aplicación de otros parámetros meteorológicos, además de la heliófila relativa, simulan de mejor forma el comportamiento anual de la irradiación solar.

Obteniendo en dicho estudio, que en la región noroeste cubriendo los estados de Sonora y Chihuahua, se recibe la mayor irradiación global durante todo el año, con un mínimo de $13/14 \text{ MJm}^{-2}$ en los meses de Diciembre y Enero, y un máximo de más de 30 MJm^{-2} en los meses de Mayo y Junio. Una zona también definida como de buena radiación se puede apreciar en la región sureste de Oaxaca con radiaciones de entre 18 y 22 MJm^{-2} para todo el año. La región oriente cubriendo los estados de Veracruz y Tamaulipas es la zona con menor radiación.

La irradiación directa normal se muestra en los mapas 13 a 24. Se puede apreciar que para todo el año, la región noroeste del país, es la que mayor radiación recibe con un mínimo de aproximadamente 20 MJm^{-2} en Diciembre-Enero y cerca de 30 MJm^{-2} en los meses sin lluvia. El sureste de Oaxaca recibe energía radiante de más de 20 MJm^{-2} durante el periodo que cubre los meses de Octubre a Abril, con un máximo de 28 MJm^{-2} en el mes de Febrero.

2.3.1.3.- Energía Solar Térmica

La prospectiva del sector eléctrico 2012-2026, (2012) de la Comisión Federal de Electricidad, establece que la energía solar térmica experimentó su mayor auge durante las décadas de los ochentas y noventas. Sin embargo, en los últimos años se retomó el interés por este tipo de tecnología. Durante 2010, se añadieron aproximadamente 478 MW de capacidad instalada a nivel mundial, totalizando un aproximado de 1,095 MW. Cerca de 2.6 GW de capacidad adicional (principalmente en Estados Unidos y España) están en construcción, esperando que inicien su operación en 2014.

La tecnología dominante es la de los concentradores cilindro-parabólicos, que tienen una participación de 90% del total instalado a nivel mundial. España está impulsando las torres centrales. Los países con mayor generación a partir de este tipo de tecnología son Estados Unidos, Australia y España donde se espera un crecimiento significativo. A nivel mundial, se tienen planeados diferentes proyectos en China, Australia, Sudáfrica, México e Italia.

La gradual reducción de los costos de los dispositivos fotovoltaicos, hace competir esta tecnología con la solar térmica. Esto se observó principalmente en Estados Unidos, donde se rediseñaron algunos proyectos que empleaban concentradores solares, y que fueron sustituidos por paneles fotovoltaicos. Sin embargo, se espera que mediante el uso de sistemas de almacenamiento térmico, los concentradores solares tengan un mayor crecimiento gracias a su confiabilidad, lo que justificará sus costos.

Asimismo dicha energía se puede definir como la energía que consiste en el aprovechamiento de la energía del Sol para producir calor que puede aprovecharse para cocinar alimentos o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica y, a partir de ella, de energía eléctrica. Adicionalmente puede emplearse para alimentar una máquina de refrigeración por absorción, que emplea calor en lugar de electricidad para producir frío con el que se puede acondicionar el aire de los locales.

Los colectores de energía solar térmica están clasificados como colectores de baja, media y alta temperatura. Los colectores de baja temperatura generalmente son placas planas usadas para calentar agua. Los colectores de temperatura media también usualmente son placas planas usadas para calentar agua o aire para usos residenciales o comerciales. Los colectores de alta temperatura concentran la luz solar usando espejos o lentes y generalmente son usados para la producción de energía eléctrica. La energía solar térmica es diferente y mucho más eficiente que la energía solar fotovoltaica, la que convierte la energía solar directamente en electricidad. Mientras que las instalaciones generadoras proporcionan solo 600 megavatios de energía solar térmica a nivel mundial a octubre de 2009, (de acuerdo al Dr. David Mills de Ausra) otras centrales están bajo construcción por otros 400 Megavatios y se están desarrollando otros proyectos de electricidad solar de concentración por un total de 14 Gigavatios. (Manning, Paddy, 2009).

Los estudios de energía solar son tan amplios, que han llevado a usos de herramientas como softwares, como en el caso de la aplicación de una rutina de programación lineal (LP) que se llevó a cabo para modelar el almacenamiento de energía óptima para el despacho de los horarios pico de la gestión de carga de la red y la demanda de reducción al mínimo de carga en una red conectada, el sistema de almacenamiento de energía fotovoltaica de batería combinada (PV + sistema). El LP aprovecha la potencia fotovoltaica y las previsiones de carga para minimizar los picos de carga sujetos a limitaciones dinámicas y eléctricas elementales del + sistema PV. Carga / descarga de la batería se simuló en un rango de dos + parámetros del sistema FV (capacidad de almacenamiento de la batería y el objetivo de reducción de la carga máxima) para obtener el costo de la energía para una lista de precios de tiempo de uso y el valor presente neto (VPN) del sistema de almacenamiento de la batería. Los beneficios financieros del plan de disposición de energía optimizado se compararon con base de carga fuera de las horas pico / carga de las estrategias de respuesta de despacho en horas pico de descarga y en tiempo real que no utilizaron ninguna información de los pronósticos. El VPN de la matriz de la batería aumenta significativamente cuando la batería ha sido utilizada en el programa optimizado en comparación con el “off-peak/on-peak” y los horarios de

despacho en tiempo real. Estas tendencias se atribuyeron a una mayor duración de la batería y reducir los cargos por demanda alcanzados con la estrategia del despacho optimizado. Los resultados muestran que las baterías de iones de litio pueden ser una solución económicamente viable de almacenamiento de energía en el lado de la demanda, las aplicaciones de gestión de costos de energía a un costo de instalación de alrededor de \$ 400 - \$ 500 por kW h (aproximadamente 40-50% de 2011 los precios de mercado). El valor financiero de previsión en el almacenamiento de energía despacho optimización se calculó como una función de la relación de capacidad de la batería, (A. Nottrott, J. Kleissl, B. Washom, 2013).

La transición a un sistema energético sostenible ahora parece ser inevitable. El papel de las energías renovables en esta mutación será crucial. Entre ellos, la electricidad fotovoltaica ha crecido recientemente debido a un fuerte apoyo político nacional. De hecho, parece como una buena solución para sustituir los combustibles fósiles convencionales, especialmente en la región de Asia y el Pacífico, donde la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero es un verdadero desafío (Avril, S., Mansilla, C., & Lemaire, T., 2012).

La producción de electricidad mediante energía térmica solar es actualmente una de las principales áreas de investigación en el campo de las energías renovables. Las fluctuaciones de precios significativas que se observan para el combustible fósil, por un lado, y la tendencia hacia la privatización que domina los mercados de energía en estos días por el contrario, impulsarán la demanda de tecnologías solares en el futuro cercano.

Los diferentes tipos de plantas de energía solar necesitan mejoras y reducción de costos para ser competitivos con centrales de combustibles fósiles en los mercados de futuros de energía. (Price y Kearney, 2003) revisaron el costo actual de la energía y el potencial para reducir el costo de la energía solar de colectores cilindro-parabólicos tecnología de las plantas de energía a partir del último avances tecnológicos y las mejoras proyectadas propuesto de la investigación patrocinada por la investigación y el desarrollo (I + D) de las instituciones, (Badran, Mamlook y Abdulhadi, 2011).

El flujo de energía solar que alcanza la superficie de la Tierra representa a unos pocos miles de veces el consumo actual de energía primaria en los seres humanos. La Tierra recibe 174 petavatio de la radiación solar entrante en un momento dado, por desgracia, esta enorme cantidad de energía no ha sido bien utilizada hasta ahora. Hay muchas ventajas para las plantas de energía solar, (Schott, 2006).

2.4.- Denominación de Ciclo Combinado

Se denomina ciclo combinado en la generación de energía a la coexistencia de dos ciclos termodinámicos en un mismo sistema, uno cuyo fluido de trabajo es el vapor de agua y otro cuyo fluido de trabajo es un **gas** producto de una combustión, (Jean Arregle, 2002).

Una variante del ciclo combinado de contrapresión clásico, es el ciclo combinado a condensación que se realiza en procesos estrictamente cogenerativos. Se basa en una gran capacidad de regulación ante demandas de vapor muy variables.

El proceso clásico de regulación de una planta de cogeneración consiste en evacuar gases a través del bypass cuando la demanda de vapor es menor a la producción y utilizar la post-combustión cuando sucede lo contrario.

Bajando sensiblemente su potencia, no se consigue su adaptación a la demanda de vapor, debido a una importante bajada en el rendimiento de recuperación, ya que los gases de escape mantienen prácticamente su caudal y bajan ostensiblemente su temperatura. Por ellos, las pérdidas de calor se mantienen prácticamente constantes, y la planta deja de cumplir los requisitos de rendimiento.

Los sistemas de intercambio de cogeneración son sistemas de producción en los que se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil partiendo de un único combustible.

Al generar electricidad con un motor generador o una turbina, el aprovechamiento de la energía primaria del combustible es del 25% al 35%, lo demás se pierde. Al cogenerar se puede llegar a aprovechar del 60% al 65% de la energía que entrega el combustible. La mejora de la eficiencia térmica de la cogeneración se basa en el aprovechamiento del

calor residual de los sistemas de refrigeración de los motores de combustión interna para la generación de electricidad.

El gas natural es la energía primaria más utilizada para el funcionamiento de las centrales de cogeneración de electricidad y calor, las cuales funcionan con turbinas o motores de gas. No obstante, también se pueden utilizar fuentes de energía renovables y residuos como biomasa o residuos que se incineran.

Además, esta tecnología reduce el impacto ambiental debido al ahorro de energía primaria que implica. Si se tiene en cuenta que para producir una unidad eléctrica por medios convencionales se necesitan 3 unidades térmicas, mientras que en cogeneración se necesitan 1,5 unidades, la cantidad total de agentes contaminantes emitidos se verá disminuida en un 50%.

Este procedimiento tiene aplicaciones tanto industriales como en ciertos edificios singulares en los que el calor puede emplearse para calefacción u obtención de agua caliente sanitaria como por ejemplo ciudades universitarias, hospitales, etc.

Con estos sistemas se mejora la eficiencia energética, consiguiendo con el mismo combustible más energía, con lo que se consigue un ahorro de éste y también una disminución de las emisiones de CO₂, (Jean Arregle, 2002).

La energía eléctrica confiable y eficiente se requiere en todo el mundo. Una planta de energía de ciclo combinado se compone de un motor de combustión interna (por ejemplo, turbina, simple de gas de ciclo o el motor Diesel y generadores adjuntos) con escape de alta temperatura vinculado a un sistema de recuperación de calor para la generación de vapor. El vapor de agua se convierte en una segunda turbina para producir electricidad adicional; el vapor agotado entra entonces en un condensador y una bomba antes de volver al sistema de recuperación de calor. Este tipo de planta compleja requiere control en tiempo real con retroalimentación sensorial extensa. Estos sensores, colocados en puntos estratégicos del sistema, monitorear todos los procesos y ofrecer una oportunidad para detectar y predecir la ocurrencia de la conducta anómala, (Finn, J., Wagner, J., & Bassily, H., 2010).

2.4.1.- Función del Ciclo Combinado

En el ciclo combinado se tienen 2 o más turbinas; en el sistema más básico usan dos turbinas: una de gas y otra de vapor_por eso se dice que es de ciclo combinado. El funcionamiento es el siguiente: se quema combustible, un combustible en este caso gas dentro de la cámara de combustión de la primer turbina el calor que genera esta combustión es conducido al economizador, pre calentador o evaporador en el cual por medio de intercambiadores de calor se precalienta el aire de la cámara de combustión de la misma turbina en otro intercambiador de calor dentro de ese mismo economizador o evaporador, se hace pasar agua convirtiendo esta en vapor de agua sobrecalentado este es pasado a través de la segunda turbina que es de acción de vapor de agua así el calor producido por la combustión del gas es aprovechado para los dos procesos y aumenta la eficiencia de la planta, el vapor de agua al pasar a través de la segunda turbina sale pre condensado y el resto se condensa en un condensador el cual condensa haciendo uso de otro intercambiador de calor, serpentines, bombas y líquidos refrigerantes nuevamente esa agua condensada es realimentada al evaporador, economizador y el ciclo de evaporación del agua comienza de nuevo así se tiene un mayor aprovechamiento del recurso lo cual se traduce en mayor eficiencia todo el proceso de vapor trabaja en ciclo ranking o alguno de sus variantes y el proceso de combustión puede trabajar en diferentes ciclos como el brayton o en alguno de sus variantes, (consultado Abril 10,2013) de la página electrónica www.cfe.gob.mx, (Véase fig. 2.6)

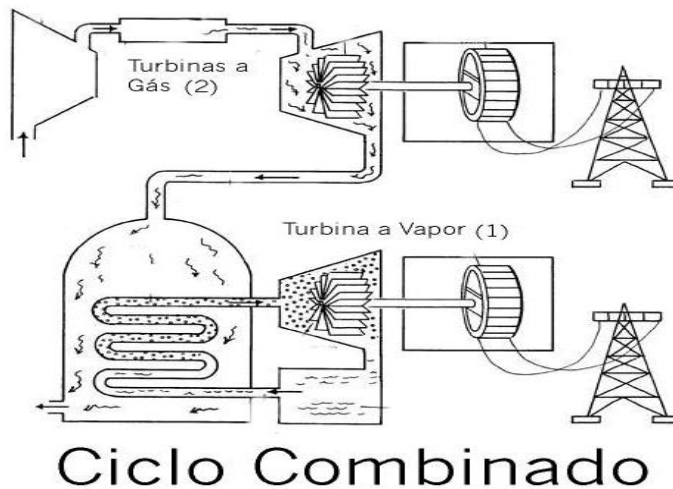


Figura 2.6 Diagrama de una Planta de Ciclo Combinado

Fuente: www.cfe.gob.mx

Los sistemas de generación de energía eléctrica requieren una vigilancia continua para asegurar una operación segura y confiable. Los datos disponibles de los sensores de plantas suministradas a los sistemas de control también pueden ser analizados para verificar su funcionamiento y predecir el comportamiento futuro. Por lo que, en una planta de energía eléctrica de ciclo combinado son controlados usando límites y la tendencia de la comprobación, planos de fase reconstruidas, y curvas de regresión para la generación de energía transitoria y de estado estacionario. Los resultados experimentales representativos se presentan y se discuten para ilustrar los puntos fuertes de las estrategias de análisis de propuestas sobre un sistema de ciclo combinado de 510MW y una turbina de vapor de 180 MW. El análisis de espacio de fase proporciona un medio de inspección visual de las anomalías de funcionamiento y también se ofrece un contexto para el análisis numérico de la conducta anómala. El método de pronóstico estadístico proporciona errores de la regresión por debajo de 2,0% para dos de las tres combinaciones de señales de plantas propuestas. Sin embargo, todas las combinaciones de señales ofrecen la oportunidad para la supervisión del sistema y diagnóstico en términos de violaciones de umbral que variaron del 2,7% al 5,4% para estos dos conjuntos de señales. En general, las estrategias de control exhiben una gran promesa para aplicaciones de sistemas de generación de energía y merecen mayor estudio.

Para esto se requiere de energía eléctrica confiable y eficiente en todo el mundo. Una planta de energía de ciclo combinado consta de un motor de combustión interna (por ejemplo, simple de turbina de gas de ciclo o diésel y generadores conectados) con escape a alta temperatura vinculado a un sistema de recuperación de calor para la generación de vapor. El vapor de agua se convierte en una segunda turbina para producir electricidad adicional; el vapor agotado a continuación, entra en un condensador y bomba antes de volver al calor sistema de recuperación. Este tipo de planta compleja requiere control en tiempo real con una amplia retroalimentación sensorial. Estos sensores, colocados en puntos estratégicos en el sistema, controlan todos los procesos y ofrece una oportunidad para detectar y predecir la ocurrencia de comportamiento anómalo.

En la página electrónica de Fenosa (www.gasnaturalfenosa.es, fecha de consulta mayo del 2014), establecen que los ciclos combinados son centrales de generación de energía eléctrica en las que se transforma la energía térmica del gas natural en electricidad mediante dos ciclos consecutivos: el que corresponde a una turbina de gas convencional y el de una turbina de vapor.

Este tipo de centrales se caracterizan por el uso que se realiza del calor generado en la combustión de la turbina de gas, que se lleva a un elemento recuperador del calor y se emplea para mover una o varias turbinas de vapor. Estas dos turbinas, de gas y vapor, están acopladas a un alternador común que convierte la energía mecánica generada por las turbinas en energía eléctrica. La combinación de estos dos procesos permite alcanzar rendimientos, en torno al 60-65% muy superior a los de una central térmica convencional con un solo ciclo, ya que obtiene la energía eléctrica en dos etapas, logrando así un mayor aprovechamiento de la energía del combustible.

2.4.2.- Beneficios medioambientales del ciclo combinado

El rendimiento en las centrales de ciclo combinado es muy superior (un 58% frente a un 36% de una central convencional). Es decir, con un menor consumo de energía primaria se logra una mayor producción de energía eléctrica. Ello supone ventajas tanto medioambientales como económicas.

Producen menor contaminación atmosférica, ya que el gas natural es un combustible más limpio que el carbón, el petróleo o sus derivados, usados en muchos casos para producir electricidad.

- Una central de ciclo combinado sólo requiere, para la condensación del vapor, un tercio del agua de refrigeración necesaria en las centrales térmicas convencionales.
- El transporte y suministro de la energía primaria (el gas natural) se hace a través de un gasoducto enterrado, por lo que se evita el impacto derivado de la circulación de camiones o trenes de aprovisionamiento de carbón o fueloil.
- Las centrales de ciclo combinado pueden construirse cerca de los lugares donde se consumirá la electricidad. De este modo se acortan las líneas de tendido eléctrico, con lo que se reducen las inevitables pérdidas de electricidad y se disminuye el impacto visual.

El posicionamiento contra el cambio climático de la compañía se define con una estrategia y unas líneas de acción encaminadas a la minimización de los gases de efecto invernadero.

La estrategia se articula a través de cuatro ejes principales: la mejora de la eco eficiencia, la gestión del carbono, la I+D+i y la concientización de la sociedad.

Las principales líneas de acción para la reducción de GEI son la correcta gestión de los combustibles fósiles y de los recursos naturales, el ahorro y la eficiencia energética, la movilidad sostenible, la gestión en los mercados de carbono, la I+D+i y, por último, los programas de gestión de la demanda a través de la concienciación.

La Evaluación de Ciclo de Vida en una planta de ciclo combinado la cual consta de un sistema termodinámico donde comprende dos o más ciclos de potencia, cada uno usando un fluido de trabajo diferente. Combinando dos ciclos de potencia independientes puede resultar en mayor eficiencia que operando cada ciclo independientemente. Para alcanzar mayor eficiencia que cualquiera de los ciclos operando independientemente, los dos ciclos deben intercambiar energía. El ciclo Brayton para turbinas de gas y el ciclo Rankine para turbinas de vapor son dos ciclos que se complementan uno al otro para

formar ciclos combinados eficientes. El ciclo Brayton tiene una fuente a alta temperatura y desecha calor a una temperatura tal que puede ser fuente de energía o suplemento de la fuente de energía para el ciclo Rankine en un ciclo combinado, (Jaime Mendoza Nalvarte, 2002).

En la práctica, los términos termodinámicos, Brayton y Rankine, trabajan con fluidos diferentes: gas y agua-vapor. El ciclo que trabaja con aire-gases de combustión (Brayton) opera a mayor temperatura que el ciclo cuyo fluido es agua-vapor (Rankine) y ambos están acoplados por el intercambiador de calor gases/agua-vapor, que es la caldera de recuperación de calor. La unión termodinámica de estos ciclos conduce generalmente a la obtención de un rendimiento global superior a los rendimientos de los ciclos termodinámicos individuales que lo componen.

La justificación de los ciclos combinados reside en que, desde un punto de vista tecnológico, resulta difícil conseguir un único ciclo termodinámico que trabaje entre las temperaturas medias de los focos caliente y frío usuales. Es por ello que, como solución se acude al acoplamiento de dos ciclos: uno especializado en la producción de trabajo con alta eficiencia en rangos altos de temperaturas de trabajo (Brayton) y otro para temperaturas medias bajas (Rankine), (Fernández, I. y Robles, A.R. (s/f).

Ciclo combinado de turbinas de gas y vapor: mecanismo que combina para la producción de energía la fuerza mecánica del eje de la turbina de gas con la fuerza generada en la turbina de vapor que utiliza la energía térmica de los gases de combustión resultantes de la primera, (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, España, 2013).

Zwebek y Pilidis (2004) utilizaron el análisis de la ruta del gas / vapor para predecir fallas en el funcionamiento de la turbina de ciclo combinado. Una estrategia monitoreada basada en un modelo de la física y el rendimiento de la red neuronal fue creada por Therkorn (2005) para las plantas de ciclo combinado.

Kim and Joo (2005) discutieron un sistema de monitoreo en tiempo real para el desempeño operacional estimado por mínimos cuadrados con los datos empíricos de una central de ciclo combinado de Corea. Un modelo de turbina de gas natural fue

desarrollado por Sekhon et al. (2006). El trabajo de (De Bobadilla et al., 2006) informó en un sistema de control para una planta de ciclo combinado de 300 MW de México con un primer modelo de principios termodinámicos y planta operativa datos. (Morini et al., 2007) presentó una empírica y modelo analítico que describe el proceso de arranque para el gas de turbinas con un solo eje para facilitar el estudio de la viabilidad de arranque y problemas de tiempo. El proceso de la puesta en marcha de cuatro pasos se centró en el arranque en seco, purgando el combustible residual, de la luz o de ignición, y la aceleración hasta quedar libre. Un programa de arranque óptimo para una central de ciclo combinado con Alstom GT13E2, turbina de gas ha sido propuesto por (Cataldi et al., 2007) que examinó los límites de rendimiento y estrategias de control en un estudio de caso de varios motores.

Ogaji et al. (2005) elaboraron el diagnóstico de lógica difusa para la ruta del gas con fallos de componentes de un motor turbo abanico de tres correderas con éxito y demostración numérica de un compresor de presión intermedia fracasó para dos condiciones de ensayo. (Sekhon et al., 2008) desarrolló estrategias con pronósticos para el ciclo de turbina simple y turbinas de gas natural. La herramienta neural de red fue propuesta por (Ghorbanian y Gholamrezaei, 2009) para predecir el rendimiento del compresor a la etapa de diseño con la validación a través de pruebas experimentales. Barelli et al. (2009) desarrolló datos experimentales de mapas de regulación basados en un motor cogenerativos de combustión interna en la preparación de una metodología de diagnóstico en la red neuronal (2009). Li y Nilkitsaranont (2009) investigó un método de pronóstico basado en la regresión para motores de turbina de gas para estimar la vida útil restante para permitir acciones de mantenimiento basándose en sus condiciones. Los autores evaluaron la propuesta metodológica para la degradación de compresores de dos ejes industriales en turbina de gas a través de estudios de simulación.

(Povinelli et al., 2004) utilizan los modelos de mezcla de gaussianas reconstruida para eliminar espacios y modelar el comportamiento de varios sistemas dinámicos. Kantz y Schreiber (1997) escribió una referencia notable en los métodos de análisis de series temporales. Bassily (2007) series de tiempo estudiando estrategias de análisis para los

sistemas de turbina de gas, mientras que la comparación del rendimiento de comportamiento de la planta histórica. (Povinelli et al., 2006) describe el uso del espacio de fases reconstruido para la clasificación y el análisis de las señales de series de tiempo. Por último, (Bassily et al., 2009) logró detectar una obstrucción del enfriador de aceite y recuperador de fuga en una turbina de gas utilizando estrategias de análisis de series de tiempo. La complejidad de los sistemas de energía eléctrica de ciclo combinado requiere anomalías de componentes para detectar rápidamente antes de que posiblemente inducir un mayor daño en el proceso. Las plantas industriales suelen contener grandes conjuntos de sensores para monitorear el desempeño de la planta.

Los datos de estos sensores pueden ser catalogados y luego investigado para estudiar el comportamiento y las tendencias de la planta. Algoritmos de rendimiento en tiempo real, junto con el análisis estadístico, a menudo puede predecir y sugerir medidas correctivas. Tendencias de los datos debido a la componente la degradación se puede observar de manera que el mantenimiento del sistema puede ser programado. Pequeños aumentos en la eficiencia de la planta pueden producir ahorros significativos en el tiempo. Además, las interrupciones de funcionamiento podrían ser previstas para el momento conveniente en base a los patrones de carga estacionales.

El objetivo en ese trabajo fue presentar un marco integrado de evaluar y predecir el estado de salud de los ciclos combinados en la generación de turbinas de gas basadas en el análisis de la trayectoria vector de estado.

Para mejorar aún más la solidez de la estrategia propuesta, las métricas y los umbrales basados en las propiedades estadísticas del vector de estado se propusieron para cuantificar mejor el funcionamiento del equipo, (Joshua Finn, John Wagner y Hany Bassily, 2010).

Por otro lado se desarrollan también diseños de centrales de ciclo combinado óptimos que se obtienen por medio de una propuesta cuya fórmula de programación no lineal de multiperiodo que utiliza el valor actual neto como función de objetivo, mientras que la construcción, operación y desmantelamiento de la planta de generación se tienen en

cuenta. Además, también se establecen características óptimas para cada período de tiempo operativo, de manera que las restricciones del sistema siempre se cumplen.

En base a los ciclos de una planta de CC, orientados las características óptimas, se propone un modelo reducido como estrategia para la simplificación de la resolución del modelo multiperiodo riguroso. Las tendencias en el comportamiento del sistema se identifican, lo que permite la reducción de la fórmula de varios períodos en un sistema de ecuaciones no lineales más limitaciones adicionales, que permiten al trabajo informático fácilmente estimaciones precisas de los valores óptimos de las variables de diseño, así como las variables operativas dependientes del tiempo.

La optimización económica se vuelve crítica cuando se establece el diseño de un nuevo sistema de energía, con el fin de determinar los valores óptimos de los indicadores financieros del proyecto.

Un enfoque orientado al ciclo de vida, hace que las decisiones sobre la base de los indicadores económicos que se refieren a la totalidad del ciclo de vida del sistema de generación, es fundamental en las condiciones de negocios de hoy en día debido al aumento de la competencia y las incertidumbres del mercado, entre otros. Por otra parte, desde el punto de vista económico, las decisiones tomadas durante las primeras etapas de la síntesis y diseño determinan en gran medida el rendimiento económico de la planta a través de su ciclo de vida.

Un modelo detallado del sistema de generación requiere fórmulas de PNL (Programación No Lineal), para que la resolución dentro de un plazo de varios períodos resulten ser un gran reto debido a su inicialización inherente y dificultad de convergencia. Desde el estado de la técnica, se observa que el diseño de varios períodos y operación a largo plazo de los sistemas de generación de energía en una planta de ciclo combinado se logran a través de modelos de Programación Lineal Entera Mixta (MILP). Al respecto, Iyer y Grossman (1997) formularon un modelo MILP para la planificación operacional de los sistemas de servicios públicos, que tiene por objeto determinar el mejor esquema que satisfaga la demanda en el menor costo total, mientras que el sistema se diseña para

manejar una amplia gama de demandas debido a la naturaleza incierta de tal parámetro, (E. Godoy, SJ Benz, NJ Scenna, 2013).

Se han propuesto un sin números de relaciones termodinámicas entre las pérdidas de energía y exergía (potencial de trabajo de la energía) así como los costos de capital para los sistemas térmicos y desarrollados y aplicados a una moderna de carbón disparado estación de generación eléctrica. Rosen y Dincer (2003) discuten el análisis termo-económica de las plantas de energía y llegaron a la conclusión de que las pérdidas termodinámicas considerados (energía y la pérdida de exergía), un parámetro importante parece ser la relación de la tasa de pérdida termodinámico al costo de capital. Una correlación sistemática parece existir entre la tasa de pérdida de exergía y el costo de capital, pero no entre la tasa de pérdida de energía y el costo de capital. Esta conclusión se basa en la observación de que la propagación relativa en el valor de la tasa de pérdida termodinámico a la relación costo de capital para diferentes dispositivos es grande cuando se basa en la pérdida de energía y más pequeña cuando se basa en la pérdida de exergía. Dispositivos de carbón moderna dispararon estaciones generadoras eléctricas parecen ajustarse aproximadamente a un determinado valor de la tasa de pérdida termodinámica a la relación costo de capital (sobre la base de la pérdida de exergía), que refleja el equilibrio "adecuado" entre las pérdidas de exergía y costos de capital, es decir practicado en diseños de plantas exitosas. La tecnología de conversión de energía más eficaz es, en la actualidad, la disposición de una turbina de gas con un ciclo de tocar fondo en la misma turbina de vapor.

Una planta de energía de ciclo combinado de 240 MW con una turbina de gas grande (150 MW) se ha optimizado el uso de algoritmos evolutivos por Koch et al. (2007). Diferentes valores de las variables estructurales utilizados durante el estudio representan diferentes interconexiones entre los componentes de la planta. La herramienta de estrategia de búsqueda estocástica se utiliza para encontrar una solución óptima. Se encontró que la aplicación de la exergía para el análisis y la evaluación de los resultados intermedios y de la solución final aumenta la comprensión del proceso. Exergía está estrechamente relacionado con el valor económico de una compañía energética con el

apoyo de Bejan et al. (1996). La optimización económica y su evaluación sobre la base de los costos unitarios de producción de energía eléctrica es una tarea muy tediosa. En este sentido, una estrategia para la simplificación de la resolución del problema de optimización económica rigurosa de las centrales ha sido propuesto por (Godoy et al. 2011), que se basa en las características distintivas óptimas económico y describe el comportamiento de las variables de decisión de la planta de energía en su óptima.

(Ahmadi y Dincer, 2011) discuten una central de ciclo combinado (CCPP) con un sistema de alimentación suplementaria y termodinámicamente analizada a través de la energía y exergía. Ellos aplicaron un algoritmo genético (GA) Tipo de método de optimización para obtener la máxima eficacia. Las influencias de los cambios en la demanda de energía y el costo del combustible se estudian teniendo en cuenta tres potencias de salida diferentes (es decir, 160, 180 y 200 MW). Los investigadores compararon los resultados obtenidos a partir del modelo elaborado con los datos reales. Los resultados muestran que la diferencia media entre los resultados del modelo y los datos reales es de aproximadamente 1,41%.

(Kaushik et al., 2011) discutieron los análisis de energía y exergía de los diferentes componentes de las centrales térmicas de carbón basado. Ellos mencionan que la mayoría de las plantas de energía están diseñadas sobre la base de rendimiento energético que se basa en la primera ley de la termodinámica sólo. Por el rendimiento energético, la verdadera pérdida de energía útil no se puede justificar porque, que no diferencia entre la calidad de la energía. Así que no hay necesidad de evaluar el rendimiento real de la energía, hay que basarse en la evaluación exergético.

(Suresh et al., 2011) propuso el enfoque de optimización basado en redes neuronales artificiales (ANN) y el algoritmo genético (GA) para evaluar el rendimiento de una planta de carbón supercrítico ceniza de alta potencia. Discuten que la eficiencia de las plantas de energía de carbón depende de varios parámetros de funcionamiento tales como principales presiones de vapor / vapor recalentado y las temperaturas, las presiones de extracción de la turbina, y la relación de exceso de aire para un combustible dado. Sin embargo, la optimización simultánea de todos estos parámetros de funcionamiento para

lograr la máxima eficiencia de plantas es una tarea difícil. Los datos de simulación de plantas de energía obtenidos de un programa de flujo de la ficha "Ciclo-Tempo" se utiliza para entrenar la red neuronal artificial (RNA) para predecir el consumo de energía a través de combustible (carbón). El tamaño de la unidad de 800 MW actualmente en fase de desarrollo en la India es considerado para llevar a cabo el análisis termodinámico basado en la energía y exergía.

Dicha literatura están disponibles en el análisis exergético de los concentradores asistido por gas natural solar despedido central de ciclo combinado. (Reedy et al., 2012) estudió el rendimiento de los concentradores solares con la ayuda de gas natural que se quema la planta de energía basada en la base exergético. Un aumento instantáneo de la capacidad de generación de energía de alrededor de 10% se observa mediante la sustitución de la energía solar térmica para el calentador de agua de alimentación y la generación de vapor de baja presión. Se encontró que la utilización de la energía solar para calentamiento de agua de alimentación, y la generación de vapor de baja presión fue más eficaz basado en el análisis exergético en lugar de análisis energético. Eficiencias de concentrador solar carbón ayudada dispararon planta de energía térmica y la central de ciclo combinado parecen altas, en comparación con la planta de energía solar térmica y solo baja en comparación con las plantas de energía comercial. Además alcance en la opción ayudado solar para la investigación.

La energía solar térmica sólo utiliza la radiación solar concentrada como fuente de energía de alta temperatura para producir electricidad a través de ciclos del motor térmico. Hay básicamente cuatro tipos de colectores de concentración de alta temperatura solar (sistema lineal Fresnel reflector (673 K), el sistema de colectores cilindro-parabólicos (653 K), el sistema de torre central receptora (1.273 K) y el sistema de antena parabólica (1273 K), (V. Siva Reddy, S.C. Kaushik, N.L. Panwar, 2013).

2.5.- Evaluación del Ciclo de Vida (ECV)

La evaluación del ciclo de vida (ECV) es una técnica que se puede utilizar para evaluar el desempeño ambiental de un producto, proceso o actividad "de la cuna a la tumba", ya que

lo sigue desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. Originario de Estudios "de análisis de energía neta" publicadas por primera vez en la década de 1970 (por ejemplo Boustead, 1972; Sundstrom, 1973) el uso y la importancia de la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA, por sus siglas en inglés), ha ido en aumento en los últimos veinte años. La mayoría de los primeros estudios de LCA considerados sólo para el embalaje y sólo en el los inicios de los 1990's el ECV comenzó a aplicarse a diferentes productos de consumo, como los productos químicos y los productos agrícolas o actividades como el transporte. Orientación conceptual fue desarrollada como resultado de la necesidad de un enfoque más estándar de la realización de estudios de ECV. En 1990 la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (SETAC) inició actividades a definir ECV y desarrolló una metodología general para la ECV. Poco después, la Organización Internacional para Normalización (ISO) comenzó un trabajo similar en el desarrollo de principios y directrices para la metodología del ECV. Estos dos organizaciones llegaron a un consenso general sobre el marco metodológico y documentos finales en el internacional metodología ECV estandarizada se espera para finales de este año.

La evaluación de ciclo de vida, según la definición de la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (SETAC) para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad mediante la identificación y cuantificación de la energía y los materiales usados y residuos liberados al medio ambiente; y así evaluar el impacto de los usos de energía y materiales y emisiones al medio ambiente; identificando y evaluando oportunidades para efectuar mejoras ambientales "(Consoli, et al, 1993).

La Organización Internacional de Normalización (ISO) ha definido y adoptado normas que proporcionan referencias para la correcta aplicación del ECV, la UNI EN ISO 14040: 2006 y UNI EN ISO 14044: 2006. Se encuentran dentro del ámbito de aplicación de la norma ISO 14000, en relación con sistemas de gestión ambiental e instrumentos para su aplicación.

Un estudio de ECV se divide en cuatro fases principales (Desideri, U., Proietti, S., Zepparelli, F., Sdringola, P., & Bini, S., 2012):

(1) Definición del objetivo y alcance: En esta fase el producto investigado, los límites del sistema, se describen las fuentes de datos, y definiéndose también la unidad funcional utilizada en el análisis.

(2) Inventario del ciclo de vida (ICV): Es un inventario de los datos de entrada / salida con respecto al sistema estudiado. ICV implica la recopilación de datos necesarios para cumplir con el objetivo del estudio definido, la cuantificación de las necesidades energéticas y de materias primas, emisiones atmosféricas, los efluentes acuosos, residuos sólidos y otras emisiones al medio ambiente originados durante el ciclo de vida de un producto, proceso o actividad.

(3) Impacto de la Evaluación de Ciclo de Vida (IECV): Esta fase tiene como objetivo evaluar la magnitud de los posibles impactos ambientales utilizando los resultados del ICV. Los datos del inventario se asocian a determinadas categorías de impacto ambiental y los indicadores de clase.

(4) Interpretación del ciclo de vida: Es la fase final del procedimiento de la ECV, en el que los resultados de un ICV o EICV una, o ambas, se resumen y comentan como base para las conclusiones, las recomendaciones y toma de decisiones de acuerdo con el objetivo y el alcance.

La consecuencia más importante del objetivo de adherirse a una norma ISO es la necesidad de una cuidadosa documentación de la meta y el alcance y las cuestiones de interpretación. Como practicante su ECV tiene una opción bastante amplia de formas alternativas para llevar a cabo su ECV, siempre y cuando documentar cuidadosamente lo que haces. Una segunda consecuencia de la adhesión a los estándares es que puede que tenga que incluir un sistema de arbitraje por expertos independientes.

Es totalmente de usted cumplir con estas normas o (deliberadamente) se desvían. Si se desvía, está claro que no puede pretender que su ECV se ha hecho de acuerdo con las normas internacionales, y que será más difícil convencer a los demás de la fiabilidad de sus resultados.

2.5.1.- Interpretación del estudio

La principal técnica utilizada en la ECV es la de modelar. En la fase de inventario, un modelo que se haga del sistema técnico complejo que se utiliza para producir, transportar, usar y disponer de un producto. Esto se traduce en un diagrama de flujo o árbol de procesos con todos los procesos pertinentes.

Para cada proceso de todas las entradas y salidas pertinentes se recogen. El resultado suele ser una larga lista de entradas y salidas, que es a menudo difícil de interpretar.

En la fase de evaluación del impacto de ciclo de vida, un modelo completamente diferente se utiliza para describir la relevancia de las entradas y salidas. Para ello, se utiliza un modelo de un mecanismo ambiental. Por ejemplo, una emisión de SO₂ podría resultar en aumento de la acidez.

El aumento de la acidez puede causar cambios en el suelo que resultan en árboles moribundos, etc. Mediante el uso de varios mecanismos ambientales, el resultado del Inventario de Ciclo de Vida (ICV) puede ser traducido en un número de categorías de impacto como el cambio climático acidificación, etc.

Una cuestión muy controvertida por lo general es la ponderación de las categorías de impacto, como ponderación es una cuestión subjetiva.

2.5.2.- Comprensión la naturaleza multidisciplinar de ECV

Una de las complejidades del ECV reside en su carácter multidisciplinar. Tras [Hofstetter 1998] podemos distinguir tres esferas que son todas las necesarias en un ECV. Cada esfera tiene diferentes características:

- **Tecnosfera:** La modelización de los sistemas técnicos, como los procesos de producción, transporte, etc. Por lo general, los procesos, las incertidumbres en tecnosfera no son mayores que un factor 2, mientras que casi todas las mediciones son verificables y repetibles.

- **Ecosfera:** La modelización de los mecanismos ambientales ("lo que sucede con una emisión?").

Las incertidumbres son a menudo uno a tres órdenes de magnitud, y con frecuencia la verificación es difícil o imposible. Por ejemplo, no se puede probar o ejecutar el cambio climático y repetir esta operación varias veces para obtener buenas mediciones.

- **Valor esfera:** Lidiando con las elecciones subjetivas. Esto incluye la ponderación de las categorías de impacto, pero como veremos más adelante, los valores también desempeñan un papel esencial a la hora de un procedimiento de asignación o un horizonte de tiempo seleccionado. Por ejemplo, en la evaluación de impacto es importante decidir si el daño potencial de los metales pesados se integra en tan sólo 100 años o más de la eternidad.

A valor de la esfera está típicamente en el área de las ciencias sociales. Con valores de esferas uno no puede hablar de incertidumbres, como un "solo" la verdad no existe.

Como practicante del ECV, usted tendrá que entender estas diferentes formas de pensar, con el fin de comunicarse de manera efectiva con los expertos en cada esfera, y para gestionar los debates sobre la incertidumbre y la fiabilidad.

Probablemente el estándar más legible y práctico es el último de los cuatro estándares de interpretación del ECV. En esencia, describe una serie de controles que debe realizar para ver si las conclusiones a las que quieren sacar de este estudio se encuentran adecuadamente soportadas por los datos y los procedimientos utilizados. En este capítulo se describen los procedimientos más importantes, y muestra la forma en que se admiten en SimaPro.

La sección de interpretación en SimaPro está diseñada como una lista de verificación que abarca las cuestiones pertinentes mencionadas en la norma ISO. Le sugerimos que rellene sus observaciones cuando se está a punto de completar su ECV y saque sus conclusiones. (Goedkoop, M, Schryver D. & Oele M., 2010).

Se han realizado estudios sobre la generación de electricidad a partir del uso de biomasa en calderas de biomasa a fuego directo y sistemas de ciclo combinado de gasificación

integrada, pero los estudios no incluyen los análisis económicos. (Robinson et al., 2003) quien estimó el costo-efectividad (CE) de la reducción de gases de efecto invernadero a través de la co-combustión de biomasa no pele tizada pero consideró las emisiones directas, sin Evaluación del Ciclo (EC). (Qin et al., 2006) empleó un enfoque EC y calculado las emisiones reducidas de CE de GH a través de la co-combustión de biomasa no pele tizada y 100% de cocción de la biomasa (este último en una unidad de biomasa autónomo hipotética). Se investigó el uso de pastillas para la co-combustión con el carbón y el 100% de generación de biomasa en dos de GS carbón en Ontario. Hasta donde se sabe, este es el primer estudio para analizar el uso de biomasa al 100% en un GS carbón y de examinar la cosecha de madera dedicada a la producción de pellets. El Ciclo de vida de los GEI y las emisiones de contaminantes atmosféricos seleccionados se cuantificó en la biomasa, así como el carbón de referencia y la generación de electricidad gas natural. Los costos de producción de electricidad, así como de la CE de la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero también se estiman en las contribuciones adicionales para hacer frente a las lagunas en la literatura, (Yimin Zhang, et al., 2010).

En Japón se estima que las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero), basadas en el análisis del inventario del ciclo de vida de la energía eléctrica generada por los residuos forestales. Se realizan de 2 tipos de residuos forestales (Caso 1: Asociado con el adelgazamiento pre comercial, Caso 2: Asociado con el corte final) en Hokkaido, la frontera del sistema era de la recogida de los residuos forestales para quemar (generación de energía). El contenido de humedad de los residuos forestales en la quema (generación de energía) se definió como 50% (base seca en el horno). Las emisiones de GEI más altas y más bajas de 1,27 y 0,10 kg-CO₂ eq / kWh, respectivamente. Existiendo la posibilidad de un incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero en la energía eléctrica generada por los residuos forestales en función de tipo de residuo, tipo de caldera y la eficiencia de generación de energía, Hirotaka Komata, Sayaka Sakai, Michiyasu Yasaka, Yoshio Ishikawa, Nobuaki Hattori (2013).

2.5.3.- Uso del Software SimaPro

El software SimaPro que se utiliza para el análisis de ciclo de vida es fácil de usar y proporciona todo lo que se necesita para hacer un básico ECV. Sin embargo, si se desea utilizar las funciones más avanzadas, tendrá la interfaz tradicional de SimaPro, la cual se encuentra en la interfaz del usuario tradicional y está bien estructurada para facilitar su uso.

El Tutorial de SimaPro ofrece una serie de ejercicios que se pueden seguir para familiarizarse con ECV. El tutorial se proporciona como copia impresa con una licencia SimaPro, dicha licencia es un reconocimiento-No comercial-Compartido bajo la misma licencia 3.0 Holanda pero también se puede encontrar un archivo PDF en el CD de demostración SimaPro, o se puede descargar desde www.pre.nl. Que fue escrito por PRé Consultants, Mark Goedkoop, An De Schryver, Michiel Oele, Sipke Durksz, Douwe de Roest.

El explorador del SimaPro está estructurado como una lista de verificación para su ECV, donde se muestra cómo introducir o editar datos en el orden definido en la lista. Sin embargo, el ECV es un proceso iterativo, lo que significa que se necesita dar un paso atrás y volver a evaluar sus acciones anteriores un par de veces.

- Los cálculos iniciales en un modelo lleno de datos en bruto puede mostrar qué partes del ciclo de vida o los procesos que parecen ser los más relevantes, y por lo tanto necesitan una mayor atención.
- Después de unas cuantas horas de edición de la base de datos, se puede comprobar si los resultados son razonables y explicables. Si no es posible que haya hecho uno o más errores, o que los datos suministrados pueden contener errores.

Una vez que se describen los objetivos y alcances del estudio que se realiza desarrolla lo que es el inventario, evalúa los impactos, interpreta y edita los datos desarrollados por el proceso, conteniendo las siguientes cuestiones:

- Los caudales ambientales y sociales, tales como:
- Las emisiones al aire, agua y suelo
- Los residuos sólidos (residuos de final)
- Las emisiones de material que no, como la radiación y el ruido
- El uso de materias primas (para el agotamiento del modelo)
- Impactos sociales
- Los flujos económicos, tales como:
- Entradas de otros procesos (procesos que se describen en otras partes de la base de datos).
- Salidas: Cada proceso debe tener uno, y puede tener varias salidas económicas (En SimaPro denominados productos).
- Salidas de residuos para su posterior tratamiento, como las plantas de aguas residuales, incineradoras, etc
- Ahorro de procesos. Como se discutió en el capítulo 2 es una de las soluciones de los problemas de asignación, mediante la ampliación de los límites del sistema).
- Impactos Económicos
- Documentación
- Un anexo separado "documentación" con una serie de campos de texto que se utilizan para identificar el registro, como nombre, autor, fecha y observaciones generales.
- Una serie de indicadores de calidad de datos (ICD) campos, lo que le permite identificar rápidamente cómo algunas de las opciones metodológicas se han hecho.

- Una descripción del sistema. Este accesorio independiente está disponible para describir el modelo subyacente que se utiliza cuando estos datos se definieron.

- Parámetros

- Los parámetros constantes. Estos pueden ser definidos a nivel de procesos, proyectos y bases de datos.

- Expresiones: Aquí se define la relación entre los parámetros. Se puede utilizar una amplia gama de funciones matemáticas, (Goedkoop, M, Schryver D. & Oele M., 2010).

Y conociendo lo que el SimaPro puede realizar, es así como se desarrolla el presente trabajo.

2.6.- El Análisis de Costo Beneficio (ACB)

(Robert W. Hahn y Patrick Dudley, 2006) dicen que el uso del análisis de costo-beneficio ha sido particularmente controvertido en el área de medio ambiente, la salud y la regulación de la seguridad. De acuerdo con estimaciones del gobierno, los costos asociados con esta regulación son sustanciales, del orden de 200 mil millones dólares año. Los beneficios, que son más difíciles de precisar, puede ser aún más grande, a pesar de los beneficios netos (o costos) de regulaciones individuales pueden varían significativamente. Por lo tanto, haciendo que incluso cambios relativamente modestos en el aparato regulatorio podrían tener implicaciones importantes para la salud y el bienestar del público.

Los economistas en general creen que el análisis de costo-beneficio es una herramienta útil para ayudar a los tomadores de decisiones a evaluar mejor el impacto de las políticas (Lave, 1982; Viscusi, 1996; Portney, 1990 y Arrow et al., 1996). Entre otras cosas, el análisis de costo-beneficio puede ayudar a seleccionar las políticas con beneficios sociales netos positivos; identificar los posibles ganadores y perdedores de una política; evaluar el impacto de la incertidumbre sobre los beneficios netos de las diferentes

políticas; y evaluar el valor potencial de la nueva información (Stokey y Zeckhauser, 1978; y Raiffa, 1970).

El análisis de costo-beneficio también puede ayudar a identificar las deficiencias clave en la comprensión de un tema de política particular, y mostrar cómo los resultados son sensibles a diferentes supuestos (Viscusi y Hamilton, 1999). Por ejemplo, un analista puede ser capaz de cuantificar los costes económicos que puedan exigir que los pasajeros tengan sus bolsas de malla en los aeropuertos, pero puede no ser capaz de evaluar los posibles beneficios de una política de este tipo. Un análisis de la regulación ambiental puede destacar que no entendemos realmente la vía por la que los seres humanos están expuestos. En resumen, el análisis costo-beneficio puede proporcionar un marco útil para comprender las implicaciones de las diferentes opciones de política y si un reglamento propuesto ofrece beneficios netos sociales (Sunstein, 2002).

Los eruditos difieren en la medida en que el análisis de costo-beneficio debe ser utilizado como una herramienta para la toma de decisiones políticas. Algunos opinan que una gran intervención de la política del gobierno debería requerir una muestra razonable de que es probable que exceda los costos de los beneficios de esa intervención y que la opción particular elegido ofrece los más altos beneficios netos esperados (Crandall et al., 1997). Otros creen que el tomador de decisiones debe tener más discreción, pero que el análisis de costo-beneficio puede proporcionar un aporte útil en la toma de decisiones (Arrow et al., 1996; Sunstein, 2002).

(Steven Kelman, 1981) establece que aun en el nivel más amplio y más vago, el análisis de costo-beneficio puede considerarse simplemente como pensamiento sistemático sobre la toma de decisiones. ¿Quién puede oponerse, los economistas a veces preguntan, los esfuerzos para pensar de manera sistemática acerca de las consecuencias de los diferentes cursos de acción? La alternativa, al parecer, es la toma de decisiones sin examinar. Pero definir el análisis de costo-beneficio por lo que simplemente la deja con pocas implicaciones para la toma de decisiones de regulación real.

Asume aquí que su receta incluye los siguientes puntos de vista:

- Existe una fuerte presunción de que un acto no debe llevarse a cabo a menos que sus beneficios superan sus costos.
- Con el fin de determinar si los beneficios superan a los costos, es conveniente tratar de expresar todos los beneficios y costos en una escala o el denominador común, de modo que puedan ser comparados entre sí, incluso cuando algunos de los beneficios y costos no se negocian en los mercados y por lo tanto no han establecido valores en dólares.
- Obtener los tomadores de decisiones a hacer un mayor uso de las técnicas de costo-beneficio es lo suficientemente importante como para justificar tanto el gasto necesario para recopilar los datos para mejorar la estimación de costos y beneficios y los esfuerzos políticos necesarios para dar la actividad más alta prioridad en comparación con otras actividades, también valiosos en y de sí mismos.

La atención se centra en el análisis de costo-beneficio aplicado a medio ambiente, seguridad, y la regulación de la salud. En ese contexto, examinar cada una de las proposiciones anteriores desde la perspectiva de la teoría ética formal, es decir, el estudio de las acciones que es moralmente correcto para llevar a cabo. Siendo las conclusiones:

(1) En las áreas de medio ambiente, seguridad, y la regulación de la salud, puede haber muchos casos en los que una determinada decisión podría estar en lo cierto, incluso aunque sus beneficios no superan sus costos.

(2) Hay buenas razones para oponerse a los esfuerzos para poner los valores en dólares en beneficios y costos no comercializados.

(3) Dada la frecuencia relativa de las ocasiones en las áreas de medio ambiente, seguridad, y la regulación de la salud, donde uno no desea utilizar un beneficios superan los costos-prueba como una regla de decisión, y dado las razones para oponerse a la

monetización de los beneficios o costos que es un requisito previo para el análisis de costos y beneficios no comercializados, no es justificable dedicar mayores recursos para la generación de datos para los cálculos de costo-beneficio.

El análisis de costo-beneficio es un término que se refiere tanto a

- una disciplina formal (técnica) a utilizarse para evaluar, o ayudar a evaluar, en el caso de un proyecto o propuesta, que en sí es un proceso conocido como evaluación de proyectos;
- un planteamiento informal para tomar decisiones de algún tipo, por naturaleza inherente a toda acción humana.

Bajo ambas definiciones, el proceso involucra, ya sea explícita o implícitamente, un peso total de los gastos previstos en contra del total de los beneficios previstos de una o más acciones con el fin de seleccionar la mejor opción o la más rentable. Muy relacionado, pero ligeramente diferentes, están las técnicas formales que incluyen análisis costo-eficacia y análisis de la eficacia del beneficio.

(Sen, Amartya, 2000), define el análisis de costo-beneficio como una disciplina general, basada en el uso de algunos principios funcionales, que no son del todo polémico, pero sin embargo han considerado plausibilidad. La división aumenta a medida que varios requisitos adicionales son impuestos. Hay una compensación entre la usabilidad más fácil (a través de fórmulas cerradas puestas en marcha) y más aceptabilidad general (a través de permitir variaciones paramétricas).

Analiza y examina los méritos y deméritos de estos requisitos adicionales.

La variante particular del enfoque de costo-beneficio que es más comúnmente utilizado ahora es, de hecho, extraordinariamente limitada, debido a su insistencia en hacer el valoración enteramente a través de una analogía con el mecanismo del mercado. Esto sólo admite una clase limitada de valores y exigencias que los individuos sean despreocupados por muchas variaciones sustanciales, ignorados en el procedimiento de valoración de

mercado. El uso, en cambio, de un enfoque general de la elección social puede permitir una mayor libertad de valoración y también puede acomodar las entradas más información.

José Antonio Carta Gonzales. et al. (2012) establecen que el costo-beneficio es una lógica o razonamiento basado en el principio de obtener los mayores y mejores resultados al menor esfuerzo invertido, tanto por eficiencia técnica como por motivación humana. Se supone que todos los hechos y actos pueden evaluarse bajo esta lógica, aquellos dónde los beneficios superan el costo son exitosos, caso contrario fracasan.

Para el presente estudio, se analiza el análisis de los costos y los beneficios que en la generación de energía eléctrica de una planta de gas de ciclo combinado y una de energía solar fotovoltaica, donde se analiza cuál de los dos procesos es más conveniente para dicha generación y que junto a su distribución se vea contemplado a 25 años y que el beneficio resuelva un problema social, de tal forma que pueda aplicarse en forma real por los organismos y con ello coadyuve al abastecimiento de la energía eléctrica con un menor impacto ambiental y de la salud.

Por ello es importante conocer los costos de la generación distribuida ya que va relacionado con los beneficios asociados, pues normalmente se incurre en los costos de dicha generación distribuida, si los beneficios asociados son mayores.

Dichos beneficios asociados con la generación distribuida, tiene que ver con.

- Reducción de pérdidas
- Mejora de los pico de demanda
- Mejora de la calidad de la energía eléctrica
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero
- Aumento de la eficiencia
- Carácter modular, flexible, con tiempos reducidos de instalación

2.6.1.- Por qué hacer un análisis costo-beneficio

El objetivo de cualquier organización es cumplir la misión de la organización en la forma más impresionante y asombrosa posible, con un mínimo de recursos y de forma que coincida con los valores y principios fundamentales de la vida humana. La parte relevante de este objetivo acerca del análisis costo-beneficio es.

2.6.2.- El análisis costo-beneficio para un proyecto y su planeación

Según el PROGRAMA DE OBRAS E INVERSIONES DEL SECTOR ELÉCTRICO (POISE, 2012-2026) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), establece dentro de sus análisis de costos y beneficios que conlleva en su estructura dentro de la Planeación de la Estrategia Nacional de Energía (ENE) que, dentro de la metodología para expandir su red de transmisión en el cual su objetivo principal es determinar un programa de expansión óptimo que satisfaga no sólo criterios técnicos sino también de rentabilidad.

Análisis de costo mínimo: se comparan opciones con nivel de confiabilidad equivalente en el horizonte de estudio. Para cada una de ellas se calcula el Valor Presente (VP) de los costos de inversión, operación y mantenimiento, y pérdidas eléctricas. El plan más económico es aquel cuyo VP resulta menor.

Análisis de rentabilidad: cuantifica los beneficios de los planes para evaluar si la inversión asociada tiene una rentabilidad aceptable. Los indicadores utilizados son la relación Beneficio/Costo (B/C) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). La metodología para el cálculo de los beneficios y costos asociados se describe en el documento *Evaluación Económica y Financiera de Proyectos de Transmisión*, (Evaluación Económica y Financiera de Proyectos de Transmisión. Comisión Federal de Electricidad, 2007).

2.6.3.- Análisis de Costo Beneficio de Planta de Ciclo Combinado

El mismo Poise (2012-2026), establece que la propuesta de convertir a gas natural las centrales térmicas existentes —lo cual conlleva una pequeña disminución en eficiencia—

para reemplazar la producción de energía eléctrica con base en combustóleo, proporcionaría beneficios económicos importantes si se considera una misma producción de energía. Con el propósito de dar una idea de los ahorros potenciales atribuibles a la conversión a gas natural de las centrales térmicas existentes del área Noroeste, obtuvieron los costos de producción anuales correspondientes a 7,721 GWh de generación de centrales térmicas (estadística de 2010), operando con combustóleo (real) y suponiendo que lo hubieran hecho con gas natural, como se muestra en la tabla 2.3. Con esta opción, obtendrían un beneficio anual equivalente a 348.1 millones de dólares. No obstante, este análisis supone que el despacho de las centrales existentes se mantendría en el futuro en niveles similares a los observados en los últimos años. Y por lo tanto, la energía producida por estas no resultaría afectada por las condiciones futuras del sistema eléctrico, adición de centrales más eficientes, modificación de la red eléctrica, evolución de la demanda, contribución del parque hidroeléctrico y fluctuación de precios de los combustibles, entre otros.

Tecnología	Energía Bruta (GWh)	Eficiencia (%)	Precio de Combustible (dol/MMBTU)	Costo de Generación (dol/MWh)	Costo anual (10⁶ dólares)
Térmica Convencional (combustóleo)	7721	34.0	9.96	100.0	771.9
Técnica Convencional (gas natural)	7721	32.6	5.24	54.9	423.8
Ciclo Combinado	7721	50.0	5.24	35.8	276.1

Tabla 2.2 Costos de Producción de Centrales Eléctricas y Ciclos Combinados

Fuente: POISE (2012-2026)

Dentro de los proyectos de gasificación del área Noroeste, que aportará beneficios importantes en la economía de despacho del sistema eléctrico al posibilitar la incorporación de centrales de CC en centros de consumo importantes en Topolobampo, Guaymas y Mazatlán. Así mismo, se contará con excedentes de energía, particularmente en los meses fuera de verano, los cuales se exportarán del Noroeste al resto del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y permitirá retirar de operación centrales menos eficientes y con altos niveles de emisiones contaminantes en los estados de Sonora y Sinaloa. Este proyecto incrementará en el corto y mediano plazos la participación de la tecnología a base de gas natural en el sistema eléctrico. Por lo tanto será materia de revisión del programa de requerimientos de capacidad a fin de sujetarse al cumplimiento de los lineamientos de participación de este combustible en conjunto con las tecnologías a base de fuentes de energía renovables y de generación limpia.

En esta planificación incorporan el análisis realizado para adelantar el retiro de unidades generadoras y la programación de nuevas unidades de ciclo combinado a gas natural. Con el suministro de gas natural en el noroeste del país, se espera que se tengan mejoras importantes, tanto en costos de producción como en la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera. Adicionalmente, el desarrollo de estas centrales esperan que el desarrollo de infraestructura para el transporte de gas natural, la cual traerá beneficios a la industria, comercio y la población en general.

2.6.4.- Análisis de Costo Beneficio para Planta Solar Fotovoltaica

De acuerdo a International Renewable Energy Agency (IRENA,2012) las tecnologías de energía renovable pueden ayudar a los países como México a alcanzar objetivos de política para una energía segura, fiable y asequible para ampliar el acceso de la electricidad y promover su desarrollo.

Sin acceso a una información fiable sobre los costos y beneficios relativos de las tecnologías de energías renovables, es difícil, si no imposible, para los gobiernos, en elaborar una evaluación precisa de cuales tecnologías de energías renovables sean las más apropiadas para sus circunstancias particulares. Estos papeles llenan un vacío

importante en la disponibilidad de información, porque hay una falta de datos precisos, comparables, fiables y actualizados sobre los costos y el rendimiento de las tecnologías de energías renovables. El rápido crecimiento de la capacidad instalada de tecnologías de energías renovables y la reducción de costos asociados significan que incluso los datos de uno o dos años de edad pueden sobreestimar significativamente el costo de la electricidad a partir de tecnologías de energía renovable. También hay una cantidad de conocimiento percibida por el costo y el rendimiento de la generación de energía renovable que no es exacta o incluso engañosa. Convenios sobre cómo calcular los costos pueden influir en el resultado de forma significativa y es imperativo que estos estén bien documentados.

Por lo tanto, la ausencia de datos precisos y fiables sobre el costo y el rendimiento de las tecnologías de generación en energía renovables es una barrera importante para la adaptación de estas tecnologías. Proporcionar esta información ayudará a los gobiernos, a los políticos responsables, los inversionistas y los servicios públicos en la toma de decisiones.

El costo puede ser medido en un número de maneras diferentes, y cada forma de contabilizar el costo de generación de energía trae sus propios puntos de vista. Los costos que pueden ser examinados incluyen gastos de equipamiento (por ejemplo, módulos fotovoltaicos), los costos de financiamiento, costo total de instalación, de operación fijos y variables y los costos de operación y mantenimiento (O & M), los costos de combustible y el costo nivelado de energía (LCOE).

El análisis de costos puede ser muy detallado, pero para fines de comparación y la transparencia, el enfoque utilizado aquí es un ser simplificado. Esto permite un mayor control de los datos y los supuestos subyacentes, mejorando la transparencia y la confianza en el análisis, así como facilitar la comparación de los costos por país o región, para las mismas tecnologías con el fin de identificar cuáles son los factores clave en las diferencias.

Los tres indicadores recomendados son:

- Costos de Equipos (Fabrica de puertas FDP y entregado en el sitio de acuerdo a su costo, seguro y fletes CSF);
- Costo total del proyecto instalado, incluyendo costos fijos y financiamiento
- El costo nivelado de la electricidad.

El costo nivelado de la energía (LCOE, Levelised cost of energy), por sus siglas en ingles de las tecnologías de energía renovable varía según la tecnología, el país y del proyecto en base a los costos de los recursos de energía, de capital y operativos renovables y la eficiencia / rendimiento de la tecnología. El enfoque utilizado en el análisis que se presenta, se basa en un análisis de flujo de caja de descuento descontado (DCF por sus siglas en inglés). Este método de cálculo del costo de las tecnologías de energías renovables se basa en el descuento de los flujos financieros (anuales, trimestrales o mensuales) a una base común, teniendo en cuenta el valor temporal del dinero. Dado el carácter intensivo de capital de la mayoría de las tecnologías de generación de energía renovables y el hecho de que los costos del combustible son bajos, o con frecuencia cero, el costo medio ponderado del capital (WACC, Weighted average cost of capital) por sus siglas en inglés, a menudo también se conoce como la tasa de descuento, que se utiliza para evaluar algún proyecto que tiene un impacto crítico en el (LCOE).

Hay compensaciones potenciales que se deben de tener en cuenta al desarrollar un enfoque de modelado LCOE. El enfoque adaptado en este caso es relativamente simplista, dado el hecho de que el modelo se debe aplicar a una amplia gama de tecnologías en diferentes países y regiones. Sin embargo, esto tiene la ventaja adicional de que el análisis es transparente y fácil de entender. Además, más detallada LCOE analiza el resultado de una mayor sobrecarga significativamente en términos de la granularidad de supuestos requeridos. Esto a menudo da la impresión de una mayor precisión, pero cuando no se es posible poblar el modelo con los supuestos, o para diferenciar suposiciones basadas en datos del mundo real, entonces la "precisión" del enfoque puede ser engañosa.

La fórmula utilizada para el cálculo del LCOE de tecnologías de energía renovable es:

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

Dónde:

LCOE = Costo nivelado de la energía en la generación de electricidad;

I_t = gastos de inversión en el año t;

M_t = operaciones y los gastos de mantenimiento en t años;

F_t = gastos de combustible en el año t;

E_t = generación de electricidad en el año t;

r = tasa de descuento; y

n = la vida económica del sistema.

Grupos de generadores que han utilizado módulos fotovoltaicos de película delgada de silicio amorfo, telurio de cadmio (Cd Te) y cobre-indium-galio di seleniuro (CIGS) tienden a tener costos de capital más bajos que los sistemas residenciales en un mercado determinado, pero esto no es siempre el caso Si se incluye el seguimiento. Sistemas de capa fina escala de servicios públicos tuvieron un costo promedio de alrededor de USD 3,9 / W en 2010, no más barato que el costo promedio de un sistema residencial. (IRENA, 2012), (Véase tabla 2.3).

	Costo de Módulo de Puerta de Fábrica o lugar 2010 USD/W	Costo instalado 2010 USD/W	Eficiencia	Costo nivelado de la electricidad 2010 USD/W
Residencial				
c-Si Sistema FV	1.02-1.24	3.8-5.8	14	0.25-0.65
c-Si sistema con acumulación en batería	1.02-1.24	5.6	14	0.36-0.71
Grupo de Generadores				
Película delgada de Si amorfo	0.84-0.93	3.6-5.0	8-9	0.26-0.59

Tabla.- 2.3 El costo típico y rendimiento de valores en sistemas solares de FV

Fuente: IRENA, 2012

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) ha iniciado la utilización de la energía solar para producción de electricidad y en el 2013 entrarán en operación 14 MW de tecnología termo-solar en el proyecto de ciclo combinado Agua prieta II. Además se encuentran en proceso dos proyectos piloto solares fotovoltaicos en Santa Rosalía, BCS y Cerro Prieto en Mexicali, BC, de 1 MW y 5 MW respectivamente. Otros proyectos de este tipo se encuentran en estudio en otras regiones del país.

En la mezcla de tecnologías para el mediano y largo plazos, se consideran adiciones de capacidad con nuevas tecnologías de generación limpia, como la incorporación de dispositivos para captura y secuestro de CO₂ en centrales de ciclo combinado y Carboeléctricas; también fuentes renovables como Eolo eléctrica y solar, nuclear o importación de capacidad. En este programa se incluye una parte de la capacidad con

tecnologías convencionales a base de combustibles fósiles, y otra utilizando fuentes de energía renovable tales como centrales eólicas, hidráulicas, geotérmicas, solares y a base de biomasa, etc., de conformidad con lo establecido en la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética y el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables, (Poise 2012-2026).

2.7.- Evaluación del Impacto ambiental (EIA)

De acuerdo a María Perevochtchikova (2013) desde la década de 1960, debido al creciente reconocimiento del estado de degradación ambiental en la escala mundial (Carson, 1962), se ha impulsado el proceso de cambio en el pensamiento global y las formas de interacción de la sociedad y la naturaleza, basados ahora en el conocimiento y el análisis interdisciplinario de la compleja problemática socio ambiental (García, 2006). A partir de esa fecha se han firmado múltiples tratados internacionales, promoviendo el establecimiento del concepto del *desarrollo sustentable*, entendido como “aquel que garantice las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (CMMAD, 1987), la definición asumida en el Principio 3º de la Declaración de Río (CNUMAD, 1992).

Desde el enfoque de sustentabilidad, para solucionar o al menos remediar los efectos negativos en el ambiente, producidos por la intervención humana, se requiere la aplicación de diversas acciones estructurales (construcción de infraestructura urbana y de servicios básicos) y no estructurales (políticas, acciones culturales, educativas, etc.). Pero antes de actuar es necesario conocer los factores de la *presión* antropogénica y de la *situación ambiental* en general en un territorio y tiempo determinados; lo que permite evaluar la magnitud de los cambios sucedidos, detectar sus dinámicas evolutivas y proponer las medidas adecuadas *de respuesta* al respecto (UNDP, 2005).

Gracias a la influencia internacional, el mecanismo de la EIA (Administración de Información de Energía por sus siglas en ingles), también ha sido aceptado en México en diversos ámbitos de acción. En particular, a partir de la formulación de la Ley General de

Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA) en 1988, se han creado diversas instituciones con sentido de protección ambiental que contemplan la evaluación de impacto y riesgo ambiental dentro de sus tareas, como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y el Instituto Nacional de Ecología (INE), en el ámbito federal (ine-Semarnap, 2000b), y la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal en el nivel estatal (GDF, 2008).

El Distrito Federal (DF) representa un caso de especial interés para el análisis de la EIA, por ser la capital del país y presentar una problemática compleja, dadas la combinación de características geográficas muy específicas y la concentración de poder político, económico y oportunidades socioculturales. El proceso del constante desarrollo de la ciudad, acompañado de la construcción de diversas obras y la realización de múltiples actividades, requiere contar con un instrumento político eficiente que permita emitir decisiones gubernamentales claras sobre su autorización, basadas en un marco de criterios rígidos de evaluación integral, los impactos potenciales y las medidas para su mitigación (Colmex, 2011). Este tipo de evaluaciones, por su parte, requieren mucha información primaria (de base) de diversos aspectos, que se obtiene sobre todo de redes de monitoreo ambiental, y que se traduce en forma más simple y sintética en *indicadores ambientales*, para poder comunicarla a la población en general y a los políticos. Sin embargo, los indicadores ambientales en sí, a pesar de su enorme utilidad en la planeación territorial, urbana y ambiental (ocde, 1993, 2001, 2004), representan muchas limitantes de carácter metodológico y empírico, como por ejemplo, restricciones institucionales, problemas técnicos de medición y representatividad (Shah, 2004). Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo se concentró en la revisión del proceso de la eia en el ámbito internacional, su influencia en México, con el caso de estudio del DF, resaltando la importancia y la compleja problemática de la construcción de un marco de indicadores ambientales necesarios para esta tarea.

2.7.1.- Impacto Ambiental (IA)

El término impacto (presentado en esta formulación por primera vez en 1824), se forma de *impactus* que en latín que significa literalmente “chocar”. Pero, en 1960 se le otorgó el toque figurativo de acción fuerte y perjudicial. Así, en conjunción con la palabra ambiental, se le dio un significado de efecto producido en el ambiente y los procesos naturales por la actividad humana en un espacio y un tiempo determinados (Wathern, 1988,). De este modo se puede decir que el impacto ambiental (IA) implica los efectos adversos sobre los ecosistemas, el clima y la sociedad debido a las actividades, como la extracción excesiva de recursos naturales, la disposición inadecuada de residuos, la emisión de contaminantes y el cambio de uso del suelo, entre otros. Se reconocen impactos directos e indirectos (por el efecto secundario de los anteriores), que poseen tres dimensiones comunes de magnitud, importancia y significancia (André *et al.*, 2004). A causa de la complejidad del concepto del IA, la evaluación de impacto ambiental (EIA) debe de considerar en su proceso el análisis de diversos aspectos biofísicos (la degradación de ecosistemas, la pérdida de especies, el cambio en la resiliencia, etc.), y antropogénicos (en relación con la vulnerabilidad social, la reversibilidad de impactos y las consecuencias económicas, entre otros). Por su parte Peterson *et al.* (1987) mencionan tres principales componentes conceptuales que deben formar parte de la EIA: eco sistémico (atmósfera, hidrosfera, litosfera, biosfera), administrativo (aspectos organizativos, políticos, socioeconómicos) e investigación (básica y aplicada, monitoreo y educación ambiental); todos los componentes se interrelacionan entre sí en tres niveles de acción: global, regional y local, lo que se refleja en el esquema conceptual del desarrollo sustentable (Romano Velasco, 2000). De acuerdo con Vidal y Franco (2009) y la IAIA (Asociación Internacional para la Evaluación del Impacto, por sus siglas en inglés) (2007, 2009), la EIA es un estudio que sirve para identificar, predecir e interpretar el impacto ambiental, así como para prevenir las consecuencias negativas que determinadas acciones, planes, programas y proyectos pueden tener en la salud humana, el bienestar de las comunidades y el equilibrio ecológico. De este modo la evaluación del impacto ambiental (EIA) se convierte en un instrumento indispensable para la toma de decisiones

(Weston, 2000; Morgan, 2012; Bond *et al.*, 2012), sobre todo en la *etapa de planeación*, lo que no debe considerarse como un obstáculo para el desarrollo, sino como un apoyo para la selección de las mejores alternativas de cada proyecto en particular, ecológicamente más sustentables. Se reconoce que los principios de la eia se pueden encontrar en la década de 1950 (incluso en los años treinta en Estados Unidos de América), y se han basado en el análisis de costo-beneficio de algunas obras; y posteriormente se incorporaron la planeación, la programación de presupuestos y el análisis del costo-eficiencia, y por último el análisis de impacto social y riesgo ambiental en 1970, que es actualmente el análisis más sistémico (Annandale y Bailey, 1995). Formalmente, la eia se estableció en 1970 en Estados Unidos por medio de la publicación de la National Environmental Policy Act (Morgan, 2012); el ejemplo fue seguido por varios países, como Canadá, Australia, Suecia, Nueva Zelanda, etc. (Wood, 2003). En particular, cabe resaltar que en 1973 el Gabinete Federal de Canadá creó una política basada en el proceso de la eia y en 1975, en Ontario, se estableció la primera legislación para la eia (Environmental Assessment Act) (Sadler, 1996); por lo que es reconocido como país líder en la política y la regulación ambiental (Kevin, 2005).

A pesar de que no existe un procedimiento formalizado para la conformación de indicadores ambientales y cada país ha seguido vías distintas, una síntesis de esas experiencias puede presentarse en los siguientes pasos metodológicos:

1. Definir objetivos y metas del sistema de indicadores.
2. Estructurar analíticamente el sistema y seleccionar los temas.
3. Revisar la experiencia internacional y nacional al respecto.
4. Desarrollar la propuesta de indicadores.
5. Revisar, analizar y evaluar públicamente la propuesta.
6. Afinarla y probarla.

2.8.- Evaluación de los Impactos en la Salud

Asimismo aunado a los efectos de impacto ambiental, se considera de suma importancia la Evaluación de los Impactos en la Salud (EIS), por lo que (Cedeño Guillermo, 2015), establece que una EIS puede ser entendida como una combinación de procedimientos, métodos y herramientas que utilizan información científica con el objeto de identificar, evaluar y caracterizar los impactos en la salud de la población asociados con la contaminación atmosférica. La EIS puede realizarse tanto para estimar los impactos negativos asociados con la exposición de la población a la contaminación, como para estimar los beneficios para la salud con la reducción de dicha contaminación. Evaluación de los riesgos para la salud, con el objetivo de estimar las probabilidades de que se presenten efectos en la salud asociados con la exposición a contaminantes.

Qué comparten la evaluación de impacto ambiental (EIA) y la EIS?

Valores

Una EIS está basada en 4 valores:

- 1) Democracia: participación ciudadana
- 2) Igualdad: distribución de los impactos
- 3) Desarrollo sostenible: a corto y largo plazo
- 4) Uso ético de la información

También se comparten los principios

1. Propositiva
2. Rigurosa
3. Práctica
4. Relevante

5. Costo-beneficio positivo

6. Eficiente

7. Enfocada

8. Flexible

9. Participativa

10. Interdisciplinaria

11. Confiable

12. Integral

13. Transparente

14. Sistemática

Tipos de contaminantes

- Locales o convencionales (PM2.5, Ozono)

- Tóxicos (benceno, monóxido de carbono)

- Efecto invernadero (dióxido de carbono)

- Primarios

- Secundarios

- Contaminantes de criterio (SO2, NO2, PM, CO y O3)

Clasificación por tipo de fuente

- Fijas (industria)

- Área (servicios y otras actividades)

- Móviles (vehículos automotores)

- Actividades humanas y las naturales

(Erosión de suelos, actividad volcánica, etc.)

2.9.- Experiencias con casos de aplicación en estudios la Evaluación de Ciclo de Vida, Análisis de Costo Beneficio en Plantas de Ciclo Combinado y Plantas de Energía Solar

El desarrollo de cualquier país o de la sociedad depende de la fuente de energía que se tenga como uso. La historia de la evolución humana y la civilización es una historia de consumo. De más energía con más necesidades energéticas en este mundo en que vivimos en la actualidad se están cumpliendo por las fuentes de energía que no sólo sean escaso no renovables, pero se está contaminando. Mientras la escasez puede conducir a la crisis económica mundial la contaminación puede ser peligrosa para toda la vida en la tierra. Como el suministro mengua las energías no renovables, el déficit debe ser bastaba con energía procedente de fuentes renovables, que en última instancia debe reemplazarlos.

2.9.1.- Caso 1: Italia

Tomado de: Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Perugia, Via G. Duranti 67, 06125 Perugia, Italia, Applied Energy 97 (2012) 930–943

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el impacto ambiental, y por lo tanto la sostenibilidad real de esta tecnología, examinando un terreno montado en 1778,48 kW_p planta fotovoltaica, realizado por Terni Energía Spa y situado en Marsciano (Perugia, Italia). El análisis se realizó utilizando la metodología de la Evaluación del Ciclo de Vida (ECV), que permite tener en cuenta todas las etapas del ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta la disposición de la planta. En particular, el estudio tiene en cuenta la preparación de la tierra, la instalación de la valla y subestaciones eléctricas de baja y media tensión, el montaje de estructuras de apoyo, también con

referencia a un proceso de galvanización en caliente, la producción de módulos, su instalación, el cableado aparato y la conexión de red. El transporte de todos los componentes en el lugar de instalación se considera para cada etapa que se examina. El final del escenario de la vida de la planta también se evalúa. La posibilidad de recoger información detallada a muchos en el sitio de construcción, durante la fase de construcción, aporta un valor añadido al estudio. El análisis se lleva a cabo de acuerdo con UNI EN ISO 14040 y UNI EN ISO 14044, que regula el procedimiento de ECV.

El modelado ECV se realizó mediante la aplicación y el uso de la metodología del software SimaPro Indicador Eco 99. Los resultados del análisis permiten calcular algunos parámetros importantes como EPBT (Energy Pay-Back Time), TRE (Retorno de Inversión en Energía Energy), CO₂ y las emisiones GWP100 (Potencial de Calentamiento Global a 100 años). Por último, el impacto ambiental de la planta fotovoltaica se compara con la de algunos sistemas de producción de energía tradicionales.

En los últimos años la necesidad de explotar fuentes de energía que son alternativa a los combustibles fósiles, cuyo uso es la causa principal de la contaminación del aire y el cambio climático, es cada vez más importante. La degradación ambiental, el avance tecnológico, la conciencia pública y política son elementos que, a principios del tercer milenio, crear perspectivas reales de desarrollo de las llamadas energías renovables. Estos se derivan de fuentes ilimitadas y, por tanto, dependen directa o indirectamente del sol, que es la mayor fuente de energía limpia disponible en la Tierra y es responsable de la vida. En particular, la tecnología fotovoltaica permite transformar la energía solar directamente en electricidad mediante el efecto fotovoltaico, sin emisiones contaminantes durante la fase operativa.

Sin embargo, es muy importante tener en cuenta el ciclo de vida del sistema, a fin de evitar cualquier error de apreciación. Una planta fotovoltaica es la energía sostenible sólo si la energía producida durante su vida útil compensa los costos totales de energía que se pueden estimar utilizando la Evaluación del Ciclo de Vida (ECV).

Algunos estudios se realizaron sobre ECV de sistema fotovoltaico, el conocimiento actualizado y los resultados obtenidos por el presente trabajo consiste en la evaluación ambiental de todos los procesos que intervienen en la construcción de la instalación fotovoltaica, (Nishimura A, Hayashi Y, Tanaka K, Hirota M, Kato S, Ito M, et al. 2010), (Leckner Mitchell, Zmeureanu Radu, 2010). De hecho, como se muestra en la descripción del Inventario de Ciclo de Vida (ICV), todos los procesos de la fase de construcción de la planta fue objeto de constante revisión con el fin de controlar los flujos de materia y energía y las emisiones a la atmósfera, en relación con la preparación del terreno y la instalación de estructuras, módulos y otros componentes. Se prestó especial atención a las máquinas que se utilizan para los diferentes procesos y aspectos logísticos, ya que son elementos que difícilmente pueden ser considerados, excepto a través de una recolección de datos durante el trabajo.

En este estudio de ECV evaluó el impacto ambiental de la generación de electricidad a partir de una gran tierra montado en el sistema fotovoltaico. A continuación, se compara con la producida por el uso de fuentes de energía convencionales.

La planta fotovoltaica que se ha estudiado en este trabajo se encuentra en Marsciano (Perugia, Italia), y tiene una potencia nominal de 1.778,48 kW_p.

Este trabajo dio lugar a las siguientes conclusiones:

1. Teniendo en cuenta la fase de montaje, el principal impacto ambiental está asociada con la producción, el transporte y la instalación de módulos fotovoltaicos, sino también materiales eléctricos y el cableado fase tienen un papel importante en términos de impacto;
2. Las principales categorías de impacto relacionadas con ECV de una instalación fotovoltaica planta son " Los combustibles fósiles", "Minerales" y " respiratorio inorgánicos";
3. después de evaluar el ciclo de vida de la instalación fotovoltaica de Marsciano, podemos decir que la fase de montaje tiene el ambiente principal impacto, seguido por la

fase de eliminación y por el mantenimiento. El daño ambiental causado durante la fase de operación es muy bajo y se debe exclusivamente a la tierra ocupación;

4. la planta fotovoltaica de Marsciano es sostenible la energía porque el EPBT es 4,17 años y la TRE es 4,83;

5. el uso de la tecnología fotovoltaica presenta medioambiental importante beneficios en comparación con la producción de energía tradicional sistemas, (Umberto Desideri et al., 2010).

2.9.2.- Caso 2: Sur Este de Asia

Tomado de: Departamento de Diseño, Producción y Gestión, Universidad de Twente, Países bajos.

Diseño para la sostenibilidad, facultad de ingeniería de Diseño Industrial, Universidad Tecnológica de Delft NL, (2011).

En los últimos años, TU Delft y la Universidad de Twente han supervisados cerca de 20 proyectos de estudiantes de los productos fotovoltaicos para la electrificación rural que abarca el ciclo completo de desarrollo de sus productos:

- Análisis de mercado Usuario o estudios
- Diseño de Producto
- Desarrollo de Prototipos y pruebas
- Fabricación y producción
- Desarrollo de materiales educativos y de comercialización

La ECV de los sistemas fotovoltaicos autónomos se centra principalmente en la determinación de las emisiones de CO₂ y la Energy Pay-Back Time (EPBT) con respecto a las redes de electricidad.

Los productos fotovoltaicos pequeños que se usan para la iluminación en las zonas rurales como alternativas para las lámparas de queroseno o lámparas fluorescentes compactadas con baterías.

Los Impactos ambientales deben ser considerados.

2.9.2.1.- Escenarios de la eliminación de la batería

Los impactos del ciclo de vida son resultantes de las diferentes opciones de eliminación con baterías para el caso de los pequeños productos de iluminación FV.

Cuyos valores normalizados son de 1 unidad funcional

	Verteder o (E-04)	Reciclaj e (E-04)	Reciclaje/Vertede ro	Descarga s (E-03)	Descargas/Vertede ro
Salud Human a	1.93	1.34	0.7	1.26	6.5
Eco- sistemas	1.94	0.88	0.45	1.95	10.1
Recurso s	1.57	1.42	0.9	0.17	1.1

Tabla 2.4.- Eliminación de baterías en pequeños productos de iluminación

Estimación Rough: para la administración adecuada de los residuos de las pilas del impacto ambiental puede ser mejorado de un 10 hasta un 55%.

Conclusiones

Evaluación del Ciclo de Vida en productos de iluminación con energía solar.

- Los productos pequeños de iluminaciones fotovoltaicas tienen un menor impacto ambiental que las lámparas de queroseno y lámparas fluorescentes compactas alimentadas por baterías.

- A veces, su impacto puede ser comparable a la iluminación que funciona con electricidad de la red, a menudo su impacto es menor.
- El perfil ambiental de los productos de iluminación solar puede mejorar para una adecuada gestión de residuos de la batería.
- Algunos aspectos de la modelización que sirven para mejorar:

- Modelos de baterías comunes y sus escenarios de eliminación,

- Modelos de gestión de residuos de los módulos fotovoltaicos, (B. Durlinger, A.H. M.E. Reindersm. Toxopeus, 2011).

2.9.3.- Caso 3: China

Tomado de: Laboratorio Principal del Ministerio de Educación para la Tierra “Modeling System”, Centro de Ciencias del Sistema Terrestre, Instituto para el Cambio Global Estudios de la Universidad de Tsinghua, Beijing 100084, China

Escuela de Medio Ambiente de la Universidad de Tsinghua, Beijing, China

Energía Renovable 43 (2012) 30 a 36.

En los últimos años, las energías renovables han ganado el apoyo de los gobiernos de varios países, lo que ha tomado la forma de diversos marcos legales con primas estables y duraderas. La energía eólica, junto con la hidroelectricidad, la energía solar y la biomasa, es una de las fuentes de energía renovables más prometedoras. Durante la operación, las plantas de energía eólica son amigables con entornos circundantes, lanzando sin emisiones directas, contaminantes nocivos o CO₂. Más recientemente las tecnologías han hecho que la utilización de la energía eólica mucho más eficiente y rentable. El viento es sin duda el método más conveniente para generar electricidad en lugares remotos. Las turbinas eólicas utilizan menos espacio que una estación de potencia media de carbón. Con estas ventajas, la energía eólica está jugando un papel cada vez más importante en el mercado mundial de electricidad. En 2009, la capacidad global instalada

acumulada alcanzó 158.505 megavatios ($MW = 10^6 \text{ W}$), once veces de que en 1996. La evolución reciente de la energía eólica ha sido particularmente rápido en la tasa de crecimiento anual de las instalaciones mundiales alcanzando el 29% y el 32% en 2008 y 2009 respectivamente.

La generación total de electricidad eólica instalada a nivel mundial alcanzó 340 TWh ($TWh = 10^{12} \text{ Wh}$) a finales de 2009, lo que contribuye al 2% del suministro de electricidad en el mundo. Dinamarca genera 20% de su electricidad a partir del viento. En Portugal, esta cifra es del 15%, seguido de un 14% en España. China duplicó su capacidad de 12,2 GW ($GW = 10^9 \text{ W}$) en 2008 a 25,8 GW en 2009, convirtiéndose en el mayor mercado mundial de energía eólica. Cerca de 1.4% del consumo total de electricidad en China está ahora alimentada por el viento. Las previsiones actuales predicen que las tasas de crecimiento anual 2009-2014 tendrá un promedio de 20,9% en términos de capacidad total instalada. Estas tasas son modestos en comparación con los proyectos del pasado: en los últimos diez años, se ha visto un incremento promedio de más del 28% de las adiciones totales y anuales de capacidad.

El proceso de conversión de la energía cinética del viento en energía eléctrica no crea directamente ninguna contaminación o emisiones de CO_2 . Pero si se toma todo el ciclo de vida de las turbinas de viento en consideración, la fabricación, el transporte y la eliminación de las turbinas de viento hacen que tengan impactos ambientales cuantificables. Si las tasas actuales de crecimiento de la energía eólica se mantengan en el futuro, como previsto por varias proyecciones, se vuelve crucial para entender y cuantificar la magnitud del impacto de la energía eólica en el clima, sobre todo para aquellos países que ya cuentan con relativamente bajas las emisiones de carbono por kWh o poseen grandes recursos eólicos. Sólo mediante la cuantificación del impacto ambiental de la energía eólica en todo el ciclo de vida, se podrá ser capaz de evaluar el verdadero potencial de la energía eólica para mitigar el cambio climático. Con esto se pretende, así, analizar el impacto ambiental de la energía eólica con respecto a las emisiones de CO_2 , teniendo en cuenta todo el ciclo de vida de las plantas de energía eólica.

Hay tres diferencias entre en este tipos de estudios. En primer lugar es en el ámbito de aplicación de análisis. En los análisis del ciclo de vida anteriores de la energía eólica, la atención se ha centrado principalmente en las turbinas eólicas individuales con salidas de potencia nominal que van desde 100 kW a 4,5 MW en lugar de en las plantas de energía eólica enteros. Sólo dos estudios consultados han considerado que las plantas de energía eólica, pero estas plantas consistía sólo de los aerogeneradores con potencias clasificados relativamente pequeños (≤ 500 kW). A medida que la planta de energía eólica es, de hecho, el objeto y las turbinas de potencias nominales mayores a ser más y más común funcional más pequeña y primordial, existe la necesidad de actualizar estos estudios. Por lo que se analiza las diferencias en CO₂ emisiones entre las turbinas eólicas y plantas de energía eólica. La segunda diferencia metodología. Es que en estudios previos sobre este tema han dependido principalmente de software Evaluación de Ciclo de Vida (ECV). En este estudio, un método sencillo que adopta los mismos fundamentos de la ECV, pero evitar el uso de un software de ECV de una mayor transparencia en los procesos de cálculo se ha desarrollado y evaluado para calcular el CO₂ directa e indirecta las emisiones relacionadas con la energía eólica. En tercer lugar, el presente estudio ofrece datos de un estudio de caso real de una planta de energía eólica en China, y en particular las de CO₂ las emisiones asociadas a la fase de transporte. Este estudio evalúa el potencial de reducción de CO₂ las emisiones del transporte turbina y sugiere mayores implicaciones para el desarrollo de la energía eólica en los grandes países en desarrollo.

Cuatro casos de plantas de energía eólica se estudian en este trabajo. Entre los tres casos generales en los países desarrollados, dos de uso 3,0 MW turbinas eólicas y la tercera utiliza 1,65 aerogeneradores MW. El cuarto caso es un parque eólico instalado en China con 800 turbinas kW. Tres de los cuatro casos son las centrales eólicas en tierra y uno es extranjero.

En este estudio, la cantidad de CO₂ emitido por kWh de electricidad generada fue seleccionado como el indicador del impacto ambiental de la energía eólica. Se recogieron En primer lugar, el consumo de materia prima y la producción de electricidad durante el

curso de la vida de las plantas de energía eólica individuales dentro de los límites del sistema. Entonces, el factor de emisión proporcionado por las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero fue adoptado para el cálculo de CO₂ las emisiones de los diferentes materiales. Por último, el CO₂ se evaluó en la emisión por kWh de electricidad producida. Una ventaja de este cálculo es la transparencia de todo el proceso de cálculo y los resultados asociados.

Cálculo de las emisiones de CO₂

El cálculo del CO₂ emisiones se basa en la siguiente fórmula: ecuación

$$\text{Emission} = \sum_{i=1}^n \text{Emission}_i = \sum_{i=1}^n \text{Activity Level}_i \times \text{Emission Factor}_i$$

Emisión *i*: cantidad de CO₂ emitido por el consumo de material *i* (por ejemplo, hierro).

Nivel de actividad *i*: Consumo de materiales para el material *i*.

Factor de emisión *i*: Consumo de material *i* 's factor de emisión.

En este estudio, el nivel de actividad es la cantidad de la materia y la energía consumida durante el proceso de producción, transporte, operación y eliminación en el ciclo de vida de la turbina eólica y la planta de energía eólica. El factor de emisión relacionado con un cierto tipo de consumo fue seleccionado de las *directrices de 2006 del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, (Yuxuan Wang, Tianye Sun, 2012).

2.9.4.- Caso 4: Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos

Tomado de: Una tesis presentada a la Facultad de la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill en parcial cumplimiento de los requisitos para el grado de Maestría en Ciencias en el Departamento de Ciencias Ambientales e Ingeniería de la Escuela Gillings de Salud Pública Global.

En este otro caso se examina el potencial de una planta de energía fotovoltaica de 10 MW en Abu Dhabi se examina, utilizando el software de modelado RETScreen para predecir

la producción de energía, la viabilidad financiera y la reducción de emisiones de GEI. Los resultados iniciales muestran un potencial de producción de energía alta, generando 24 GWh y el ahorro de más de 10.000 toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero al año, pero un análisis pobre financiero dando un valor actual neto (VAN) negativo de \$ 51 millones de dólares.

Los beneficios de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del aire mediante la sustitución de gas natural con la generación fotovoltaica se calcula que tiene un valor presente neto de \$ 44 millones, con un amplio rango de valores posibles. Los resultados muestran que los altos costos iniciales y el bajo precio esperado para la electricidad generada se conducen a razones por las que los sistemas fotovoltaicos no se están aplicando en Abu Dhabi. El avance en tarifa de \$ 0.16/kWh se recomienda hacer a gran escala de sistemas fotovoltaicos rentables (Harder, E. y Gibson, J. M., 2011).

2.9.5.- Caso 5: India

Tomado de: Instituto Sardar Patel Renewable Energy Research, Vallabh Vidhyanagar, Gujarat388120, India

Centro de Estudios de Energía, el Instituto Indio de Tecnología de Delhi, HauzKhas, New Delhi110016, India.

Renovables y de Energía Sustentable Reviews18 (2013) 43-48.

El análisis económico de una planta de platos cilíndricos - parabólicos se ha llevado a cabo en diversos lugares de la India. Los parámetros económicos como el costo de la electricidad es nivelado, en el periodo descontando la recuperación, beneficiar a la proporción de costo y el valor neto actual se ha calculado al investigar la viabilidad de la planta de energía solar.

El costo de electricidad nivelada (LEC) se estiman sobre la base de datos reales del sitio en relación y el capital, de operación y mantenimiento (O & M) de la planta de referencia. El costo de capital fijo incluye infraestructura, campo solar, bloque de

alimentación, tierra y otros costos indirectos. El costo de la tierra para la ubicación diferente varía en función de la superficie de tierra requerida para generar potencia dada la generación. El costo de O & M incluye la administración, el campo solar repuestos, equipos, contratos de servicios, tratamiento de aguas y labores de operación de la planta y mantenimiento. El costo actual de una planta se calcula basándose en el índice de ingeniería química cuyo costo de la planta (CEPCI) es como sigue:

$$\text{Costo actual} = \text{Costo de Referencia} \times \frac{CEPCI_{actual}}{CEPCI_{referente}}$$

El costo capital de una planta de energía solar se espera que disminuya con el aumento de la capacidad de la planta. Esto se explica mediante la expresión del costo capital en términos del costo de capital de referencia y es un factor de escala dado como.

$$Cost_2 = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{0.7} \cdot Cost_1$$

P = Capacidad de la Planta (MW)

El costo nivelado de la electricidad (LEC) se da como

$$LEC = C_{FCap} + C_{LOM}$$

LOM = Operación y Mantenimiento nivelado

FC = Capital Fijo

Costo de capital fijo se da como

$$C_{FCap} = \frac{C_{Cap}}{PG_{net}}$$

PG_{net} = Generación de energía neta (kWh)

La generación de energía neta (PGnet) se da como

$$PG_{net} = PG_{tot} - PC_{aux}$$

El consumo de energía auxiliar para el seguimiento del plato colector parabólico, bomba de alimentación de agua es considerada como 8% de la generación de energía total.

El costo beneficio de la planta de plato parabólico se da como.

$$\frac{B}{C} = \frac{1}{C_{Cap}} \left[\sum_j^{It} \frac{B_j - C_j}{(1+i)^j} \right]$$

B = Beneficio

C = Costo

i = Tasa equivalente de descuento (%)

It = Tiempo de vida de la planta

El beneficio neto acumulado al inversionista ($B_j - C_j$) se supone uniforme a lo largo de la vida de la planta. El valor presente neto del sistema se da como.

$$NPV = \left[\sum_j^{It} \frac{B_j - C_j}{(1+i)^j} \right] - C_{Cap}$$

Una planta de energía solar puede ser considerada viable, cuando es capaz de trabajar de forma continua y la generación de energía sea sin pérdida hasta el final de su vida útil. La viabilidad de una planta de energía solar puede ser definida en términos de VPN o LEC para cualquier ubicación dada. En este estudio, la viabilidad de la planta de energía solar se define en términos de LEC. Y la generación de energía solar es viable cuando el LEC de la generación de energía está a menos de que sea de arancelario nivelado. La generación de energía solar térmica no es viable cuando la LEC es superior a 18.44 USD. Basado en el presente análisis, se encontró que 32 ubicaciones son viables, 16 ubicaciones son lugares condicionalmente viables y 10 se encuentran no viables de 58

ubicaciones. La generación de energía solar térmica puede ser viable con los aumentos de la capacidad de la planta.

El análisis de sensibilidad de LEC se lleva a cabo para estudiar el efecto de las incertidumbres en los parámetros de entrada, tales como el costo de capital, Costo de O & M, factor de capacidad, tasa de descuento y el tiempo de vida de las plantas en la LEC. En el análisis de sensibilidad, también es importante para predecir la tendencia de LEC con el cambio en los parámetros de entrada.

Los aumentos LEC con el aumento en el costo de capital, costo de O & M y la tasa de descuento. El efecto de los costos de capital y la tasa de descuento en la LEC es más que el costo de O & M. El LEC disminuye con el aumento factor de capacidad y la vida de las plantas. A menor factor de capacidad de la planta, el LEC es muy alto debido a la menor producción de energía anual y la tasa de disminución de la LEC es el costo menor que la tasa de aumento de la vida de las plantas y factor de capacidad. La LEC depende principalmente del costo de capital, el factor de ocupación y tasa de descuento.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) es un elemento bajo el Protocolo de Kyoto para la promoción de la transferencia de tecnología e inversiones de los países industrializados a los países en desarrollo para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Tales tecnologías pueden ser vendibles de Reducciones Certificadas de las Emisiones (RCE), cada uno equivale a 1 tonelada de CO₂, que se puede contar para cumplir los objetivos de Kioto. El Center for Energy Research (CER) es, quien da los créditos del clima (o créditos de carbono) emitidas por la Junta Ejecutiva del MDL de reducción de emisiones logradas por los proyectos del MDL. El beneficio de las emisiones de CO₂ depende de la cantidad de electricidad generada. La cantidad de créditos de carbono es el producto de la energía generada por la planta y el coeficiente de emisión. El coeficiente de emisión de la planta de energía indio sub-crítico es 0,84 kg / kW generación de energía h. Sobre la base de la Bolsa Europea de la Energía, la compensación por la mitigación de 1 tonelada de CO₂ es de 881 USD (1euro = INR65).

La factibilidad de la planta de energía solar se ha realizado en términos de la Capacidad Factor de Planta (PCF). La capacidad del Factor de Planta se define como la relación de la generación de potencia real a la potencia de máxima generación. El costo de la electricidad nivelada (USD / kW h) y PCF (en porcentaje) durante 5 MWe de generación de energía solar, (K.S. Reddy, G. Veershetty, 2013).

2.9.6.- Caso 6: Egipto, Jordania, India, California

Tomado de: Química y Petróleo del Departamento de Ingeniería de la Universidad Sharif de Tecnología, N^o 593 Azadi Ave., Teherán, Irán

Energía solar: Volumen 84, No. 9 , septiembre 2010, páginas 1696-1705

Un caso más sobre lo que es la Generación Directa de Vapor (GDV) en colectores cilindro-parabólicos provoca un aumento de la competitividad de las centrales térmicas solares por los Programas de Políticas y Tecnología Sustentable (STPP por sus siglas en inglés) por sustitución de aceite con generación directa de vapor que resulta en menor inversión y costos de operación. Este estudio se introdujo el sistema de ciclo combinado solar integrado con la tecnología de caja de cambios (DSG por sus siglas en inglés) reportando la evaluación técnico-económica de esta planta en comparación con los dos casos convencionales. Tres casos considerados son: un sistema integrado solar de ciclo combinado con la tecnología de DSG (ISCCS-DSG), un sistema de generación eléctrica solar (SEGS, por sus siglas en inglés), y un sistema de ciclo combinado solar integrado con la tecnología HTF (fluido de transferencia de calor) (ISCCS-HTF).

Este estudio muestra que el costo de energía nivelado (LEC) para el ISCCS-DSG es más bajo que los otros dos casos, debido a la reducción de los costos de organización y mantenimiento (O & M) (factores de costo de vapor, gas y solar) y también debido al aumento de la eficiencia de calor en electricidad neta de la planta de energía. Entre los tres STPPs, SEGS tiene las más bajas emisiones de CO₂, sino que funcionará durante el día solamente.

Existen diferentes métodos para la producción de energía por energía solar, como los sistemas fotovoltaicos (PV) y los diferentes tipos de plantas de energía solar térmica (STPP) se consideran ya operados en diferentes partes del mundo (Egipto, Jordania, India, California). STPP es la mejor opción para el método de generación de energía solar. Los sistemas fotovoltaicos tienen una menor eficiencia neta en comparación con STPPs y son rentables en pequeñas escalas. Dos opciones actuales de las plantas de energía solar térmica son las siguientes: (1) receptor central, con una torre central rodeada de grandes conjuntos de helióstatos, y (2) cilindros parabólicos plantas de energía solar con paneles colectores consisten en largas filas paralelas de reflectores parabólicos que concentran la luz solar en un receptor de la superficie cilíndrica en su línea focal. Hoy en día, los colectores solares tienen la mayor capacidad de STPPs. Este tipo de planta de energía solar térmica es más económico que otros (Hosseini et al., 2005). Todas las plantas comerciales mínimas actualmente en construcción utilizan aceite sintético como fluido de transferencia de calor (HTF). Usando el HTF puede causar problemas tales como los riesgos ambientales y riesgos de incendio en caso de fugas. Generación directa de vapor en colectores cilindro-parabólicos horizontal, una alternativa cuya viabilidad se muestra mediante un proyecto DISS (Direct Solar Steam) (Eck et al., 2003), aumenta la competitividad de esta tecnología y reduce la inversión y los costos operativos. Desde 1990, las mejoras técnicas importantes se logran por los laboratorios de investigación e industrias solares cilindro-parabólicos en todo el mundo. Los dos proyectos presentados (3 MWe, Zarza et al., 2008 y 5 MWe Eck et al., 2008) dirigidas al desarrollo de las plantas de demostración conceptuales y pre-comerciales basados en la tecnología DSG es una consecuencia de estos avances. El acoplamiento de los ISCCS con tecnología DSG (ISCCS-DSG), que aporta una mayor eficiencia y menores costos de inversión específicos parece promover la competitividad de los costos de STPPs. Para llevar a cabo una evaluación técnica y económica de estas plantas es de primordial importancia. En este estudio, se lleva a cabo la evaluación económica de la planta de energía solar ISCCS-DSG en comparación con ISCCS actuales basados en la tecnología HTF (ISCCS-HTF) y SEGS.

La evaluación económica se obtiene mediante el cálculo de LEC (una expresión adecuada para la evaluación económica de los diferentes casos) de STPPs. En esta evaluación, los estudios previos para la construcción de un STPP (Hosseini et al, 2005) se consideran similares y energía eléctrica solar se incluye en todo caso:

- (1) Integrated Solar – Combined Cycle System (ISCCS-HTF) (Hosseini et al, 2005.): $2 \times 123,4$ MWe turbina de gas + 198 MWe de turbina de vapor (de los cuales 67 MWe es suministrada por campo solar).
- (2) SEGS (Hosseini et al, 2005.): 67 MW de turbina de vapor con el suministro de calor del campo solar y caldera de gas natural.
- (3) ISCCS-DSG: $2 \times 123,4$ MW de turbina de gas + 204,66 MW de turbina de vapor (de los cuales 67 MW suministrado por el campo solar).

En la evaluación de 67 MW de energía solar componente fueron elegidos debido a algunas limitaciones en el factor de capacidad de la turbina de vapor de ISCCS en horas no solares, en la capacidad máxima del campo solar, y en consideraciones económicas. Todos estos puntos se discuten en detalle por Hosseini et al. (2005) .

Resultados:

El cálculo de la LEC debe obtener el consumo de combustible, el factor de capacidad de energía solar, el costo del combustible y los costos de operación y mantenimiento. El gas natural está disponible localmente y es el mejor combustible para la operación de las centrales. El precio del gas natural exportado es de \$ 7.6/GJ. El costo del combustible utilizado en cada caso tiene un papel significativo en el cálculo de LEC.

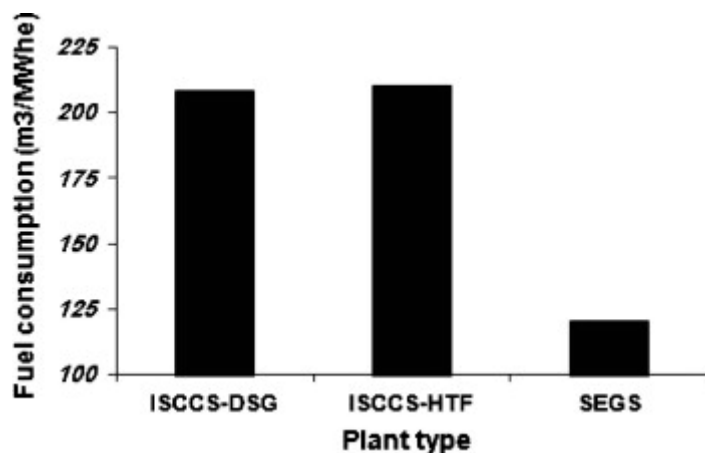


Figura 2.7.- Consumo de combustible volumétrica patrón anual de los diferentes casos de factor de capacidad máxima

La figura 2.7, representa el consumo anual de combustible en diferentes tipos de STPPs a 25 ° C temperatura ambiente, con una relación de aire-combustible que corresponde a 200% de aire teórico. Las ecuaciones para el cálculo del consumo anual de combustible en los tres STPPs. Como puede verse en el consumo de combustible de ISCCS-DSG es menor que la de ISCCS-HTF, porque de producir más energía por el campo solar y el HRB. El funcionamiento de la ISCCS-DSG se ahorrará unos $1,7 \times 10^8$ m³ de combustible (\$46 millones) a través de 30 años en su comparación con ISCCS-HTF, (H. Nezammahalleh , F. Farhadi, M. Tanhaemami, 2010).

2.10.- Discusión

A partir de la revisión literaria se desprende que la energía es un tema que reviste gran importancia en nuestra vida cotidiana ya que sin ella la humanidad no sobreviviría con los 7, 350 millones de habitantes en el mundo; aunque históricamente la generación de energía eléctrica está basada en el uso del petróleo y sus derivados, esto ha llevado a que el planeta se esté contaminando a pasos agigantados. Por ello se han buscado alternativas para reducir la producción de gases de efecto invernadero en la generación de energía eléctrica; algunos países están utilizando energía solar para generar la energía eléctrica mientras que otros se han dirigido por el lado de lo que es el ciclo combinado, buscando producir energía eléctrica a menor costo y con menos contaminación.

El presente estudio se enfoca a través de la Evaluación de Ciclo de Vida y Análisis de Costo Beneficio, para determinar cuál sea la mejor opción y que cumpla con la implementación de la ISO 14040, que es quien rige las normas de sustentabilidad y permite el mínimo grado de contaminación. La revisión literaria fue útil para entender el esquema, las ventajas, bondades, limitaciones, beneficios, y conocer algunas experiencias en el mundo. Sin embargo obtener conclusiones desde ahí resulta arriesgado; sobre todo si se parte de que la información al respecto es incipiente y más bien pone en duda el que la aplicación en otros países, dadas sus características organizacionales, tenga la efectividad requerida. Por ello, en el estudio de caso que se llevará a cabo en el país México y en especial en el Estado de Sonora -ya que existe la generación de energía eléctrica por ciclo combinado y está por generarse electricidad para calentamiento del vapor que se usará en una planta de ciclo combinado-, se abordan los tópicos que se consideran relevantes para obtener conclusiones aceptables.

Con el estudio de caso se busca verificar la influencia de variables como el proceso de definición y contenido de la política; la operatividad de la definición de las ECV y ACB, la funcionalidad de la estructura, los roles y responsabilidades; el apoyo y prioridad que la alta dirección otorgue al proyecto; las características de la toma de decisiones y de los liderazgos, entre otros.

También se requiere conocer el grado en que la implementación es congruente con la política ambiental; la medida en que se mejora la conciencia sustentable de la población en sí; la importancia de la mejora en imagen a los generadores de dicha energía; la eficiencia y eficacia del sistema de auditoría para la mejora en los indicadores ambientales.

Con ello se pretende establecer en qué grado el ISO 14040 resulta la planeación estrategia apropiada para alcanzar una energía eléctrica sustentable y si con ello se asegura mayor eficiencia y eficacia de los procesos ambientales, así como mayor confiabilidad.

A continuación se muestra un contraste de los 6 casos presentado como estudios, donde se analiza que:

Según datos obtenidos de estos casos, la generación de energía eléctrica a través de la energía solar y sobre todo fotovoltaica, afecta menos en sus emisiones de contaminación que generan con ciclo combinado.

Casos	Grado de Dificultad	Aplicó ECV	Aplicó ACB	Aplicó Energía Solar	Aplicó Ciclo Combinado
1	El alto impacto ambiental está asociada con la producción, el transporte y la instalación de módulos fotovoltaicos, sino también materiales eléctricos y el cableado	X		X	
2	Un alto grado de mejora en la salud humanas y ecosistemas con el uso de energía solar	X		X	
3	En este estudio, el nivel de actividad es la cantidad de la materia y la energía consumida durante el proceso de producción, transporte, operación y eliminación en el ciclo de vida de la turbina eólica y la planta de energía eólica. Por ser energía eólica su	X			

	grado de dificultad es mayor				
4	Su alto grado de mejoría con el ecosistema sigue demostrando que la energía solar es más recomendable		X	X	
5	La factibilidad de la planta de energía solar se ha realizado en términos de la Capacidad Factor de Planta (PCF). La capacidad del Factor de Planta se define como la relación de la generación de potencia real a la potencia de máxima generación.		X	X	
6	Este estudio muestra que el costo de energía nivelado (LEC) para el ISCCS-DSG es más bajo que los otros dos casos (solar y ciclo combinado), debido a la reducción de		X	X	X

	<p>los costos de O & M y también debido al aumento de la eficiencia de calor en electricidad neta de la planta de energía. Entre los tres STPPs, SEGS tiene el más bajo CO₂ emisiones, sino que funcionará durante el día solamente</p>				
--	--	--	--	--	--

Tabla 2.5.- Casos de estudios de aplicaciones de ECV y ACB

Si bien el establecimiento de una planta la Energía Solar es cara en cuanto a la inversión inicial, a mediano plazo resulta más barata pues no se paga el combustible; en términos de producción de CO₂ lleva tremenda ventaja sobre el ciclo combinado.

La de ciclo combinado es barata pero a la larga subirán los costos del combustible y contamina más.

Por ello es relevante hacer un comparativo de costo beneficio e impactos ambientales, en ambas estrategias.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA Y SU APLICACION

El presente estudio es un trabajo de innovación tecnológica exploratoria. Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Estos sirven para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto de un contexto particular, investigar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados, (Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P., 2010).

Si se utiliza el método exploratorio como una metodología de la investigación, la pregunta crucial sería: ¿Cuál es el objetivo de la investigación? ¿Es apropiada? Normalmente, el enfoque se selecciona para campos de investigación en los cuales se consideran las dinámicas históricas y también las perspectivas de sistemas sociales reales o naturales. Más en este caso, el utilizar el presente método es porque se examina un tema o problema de investigación poco estudiado.

La problematización consiste en determinar con base a sus antecedentes del caso, la formulación y cuestionamiento sobre los diferentes escenarios, posturas, causas, condiciones y caracterizaciones que permiten indagar el objeto de innovación.

La innovación implica renovación y ampliación de procesos, productos y servicios; tiene como objetivo explotar las oportunidades que ofrecen los cambios, permitiendo a la empresa ser capaz de adaptarse a las nuevas situaciones y exigencias del mercado en que compete (Romero González Zilath, 2009).

También se evalúa el análisis de ciclo de vida y análisis de costo beneficio, respecto al ciclo combinado y energía solar fotovoltaica, en la generación de energía eléctrica. Y para desarrollar este proyecto de investigación así como alcanzar las metas fijadas, se utiliza la metodología que se esquematiza a continuación, describiendo luego cada una de las etapas y la aplicación de dicha metodología para el caso de estudio.

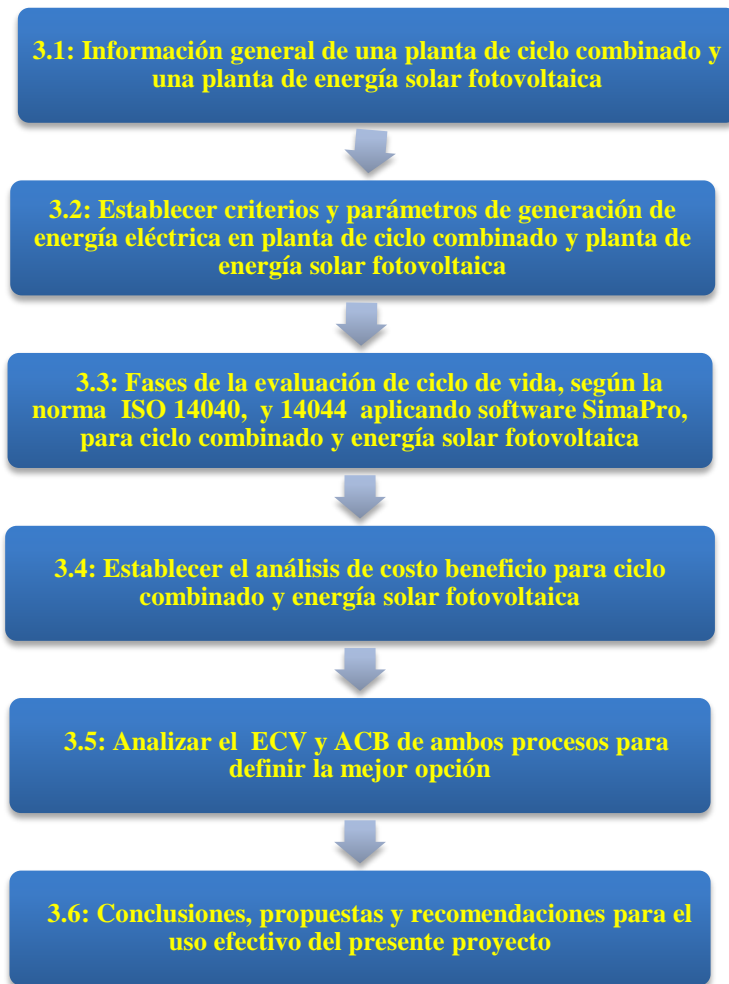


Figura 3.1. Marco Metodológico

Fuente: Elaboración propia

Nota. Las etapas 3.5 y 3. 6 se abordan en el capítulo 4, de resultados

3.1.- Información general de una planta de ciclo combinado y una planta de energía solar fotovoltaica

Para esta etapa, se hace una extensa revisión bibliográfica con el fin de conocer el estado del arte con respecto a las plantas de ciclo combinado y de energía solar fotovoltaica. Asimismo, se realizan reuniones con expertos en el manejo de dichas plantas, entre ellos directivos e ingenieros de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) así como investigadores y maestros de la propia Universidad de Sonora, que conocen las operaciones de estos dos procesos.

Los expertos nos permitieron conocer la planta de ciclo combinado de la ciudad de Hermosillo, Sonora, misma que se muestra en la figura 3.2; además proveyeron información sobre las 14 plantas que generan energía eléctrica en el país y las que están en proceso de construcción.



Figura.- 3.2 Planta de Ciclo Combinado en Hermosillo, México.

Fuente: CFE y Unión Fenosa

Por otro lado nos proporcionaron información de la planta fotovoltaica que se encuentra en Cerro Prieto, Mexicali B.C. Norte y que genera energía eléctrica tanto para el estado de Baja California como para el Estado de Sonora.



Figura 3.3.- Planta de Energía Solar Fotovoltaica, Estado de Nevada, USA

3.2.- Establecer criterios y parámetros de generación de energía eléctrica en planta de ciclo combinado y planta de energía solar fotovoltaica

En esta etapa se definen y se obtienen los criterios y parámetros para la generación de electricidad en ambas opciones, a partir de las reuniones con expertos; se establecen los requerimientos de información para realizar cálculos más reales con respecto a la evaluación de ciclo de vida (ECV), ya que el software solicita que se alimenten esos datos.

Esta etapa es de suma importancia ya que es necesario considerar los impactos en salud, biodiversidad y cambio climático, de tal forma que permitan mejorar la planeación de la generación eléctrica con base en dos criterios: la ubicación de una planta y la tecnología que dicha planta utilizará. De esta forma se pueden comparar los casos que nos conciernen tomando en cuenta donde ubicar una planta en cierto lugar, y con ello el factor económico para su costo beneficio.

Lo anterior pretende contribuir al incremento en la participación de tecnologías limpias a precios competitivos en dicha planeación, así como una mejor decisión de dónde ubicar las plantas de generación futuras en el país con base en un menor impacto social y ambiental que hoy son considerados.

De acuerdo al Instituto Mexicano para la Competitividad, A.C. (2012) los impactos que se consideran para una ECV son:

- Impactos a la salud con base en el modelo QUERI desarrollado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Dicho modelo es semi-empírico basado en factores de ajuste para estimar el número de enfermedades respiratorias relacionadas con la inhalación de contaminantes que producen las plantas de generación eléctrica. Los costos que considera son los de atención médica, pérdida de productividad, voluntad a pagar y en su caso, mortalidad.
- Impactos al cambio climático basados es la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero con un valor acorde a los mercados de carbono.
- Impacto a la biodiversidad. Para esta estimación se establece un límite de concentración de contaminantes que se considera afecta el desarrollo de las plantas. Por lo que se estima el área con cobertura vegetal alrededor de la planta que caería dentro de este radio de afectación y con base en un valor por hectárea establecido, de acuerdo al Programa de Servicios Ambientales del gobierno federal y al carbono capturado por hectárea, se estima el costo de dicha pérdida.

Dentro del análisis de costo beneficio se pueden considerar todos aquellos costos o beneficios relacionados con la salud, el medio ambiente, y los materiales utilizados como resultado de las actividades de la cadena de producción de energía eléctrica, pero que no forman parte del precio pagado por los consumidores de esa electricidad; el costo asociado a estos defectos es cubierto por la sociedad en su conjunto (Sánchez Hernández, et al, 2009).

De acuerdo al Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), para comparar los costos variables de producción de generadores para una planta de ciclo combinado, se considera que los costos variables son altamente competitivos, en función del precio de gas utilizado y del incremento en la eficiencia al operar en ciclo combinado; se establece una operación prácticamente continua, interrumpida únicamente durante los periodos de mantenimiento, resultando en un factor de planta de alrededor del 90%.

Por lo que la metodología que se utiliza para el análisis económico en la producción energética del ciclo combinado para el periodo 2013-2026, tiene como resultado del proceso de simulación/optimización de la operación del sistema eléctrico ecuatoriano utilizando el programa “Stochastic Dual Dynamic Programming” (SDDP), en un escenario hidrológico medio. Da como resultado de las simulaciones un estimado del ahorro anual en costos operativos del sistema de generación, que significa la incorporación de esta importante planta de generación en el sector de Bajo Alto operando con gas natural, datos que se consideran en un estudio de costo beneficio, (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013).

De esta manera se analizan los dos casos mencionados

3.2.1.- Criterios y Parámetros para Ciclo Combinado

Para una planta de ciclo combinado se debe tomar en cuenta la eficiencia como uno de los criterios importantes en la selección de tecnología para la planta de potencia. Otro parámetro importante es el precio, sin embargo es difícil tener precios exactos de cada tecnología, por lo que se utilizarán precios relativos al sistema de presión simple. Los precios relativos son validados como precios específicos para instalaciones, con una valuación de potencia comparable.

Para las centrales térmicas, donde se incluyen las plantas de ciclo combinado se utiliza combustibles fósiles: gas, carbón, fuel oil.

Los equipos que utilizan son: Calderas, Turbinas de vapor y gas, carbón, gas. Fuel oil, condensador y generador.

Fuente de energía: no renovables

Costos: 250 millones de dólares aprox.

Ventajas: Corto tiempo de construcción, no depende del clima, costos de inversión son menores que las hidroeléctricas y facilidad del transporte del combustible.

Desventajas: Como resultado del procesamiento del carbón, fuel oil y gas, éstas centrales son importantes fuentes emisoras de agentes contaminantes, calor, ruido y vibraciones.

La peor desventaja es el terrible impacto ambiental que produce, ya que emite gases que provocan tanto el efecto invernadero como la lluvia ácida.

Impacto ambiental: Los efectos ambientales de una central térmica provienen del proceso de combustión, así como de las emisiones de polvo y gases contaminantes. En general los efectos ambientales -por ejemplo, emisiones contaminantes, ocupación de espacio por la central y volumen de residuos - aumentan en el orden siguiente: gas, *fuel oil* ligero, *fuel oil* pesado y combustión de carbón.

Así también se establece que ciclo combinado (turbinas de gas de ciclo combinado) están adquiriendo un papel cada vez más importante en la generación de energía gracias a su alta eficiencia térmica, bajo costo instalado y fácil disponibilidad. El aumento de precios del gas natural, la optimización de los parámetros de funcionamiento del ciclo combinado está convirtiendo en un tema de creciente interés.

Durante las últimas cuatro décadas CCGT (turbinas de gas de ciclo combinado), han tenido un gran impacto en la industria de generación de energía, que actualmente representa alrededor del 90% de las centrales de nueva construcción. Las mejoras en el rendimiento de ciclo combinado se han mantenido a la par con la evolución de la turbina de gas, principalmente impulsado por los avances en la temperatura de entrada de la turbina. Gracias a la utilización de materiales motores de las aeronaves y las tecnologías innovadoras de hoja de refrigeración, la temperatura de entrada de la turbina se ha incrementado de manera constante a partir de 700 ° C en la década de 1950 con los valores actuales de alrededor de 1400 ° C, dando la eficiencia LHV (calor de combustión del gas natural) cerca de 60%, (Roberto Carapellucci & Lorena Giordano, 2013).

Los parámetros económicos, políticos y técnicos influyen en el tipo de combustible seleccionado para plantas de energía en cualquier país. Los parámetros técnicos que deben ser considerados como una razón principal para el desarrollo de una planta de energía incluyen el tipo de combustible disponible, el costo de los combustibles, la ubicación geográfica de la planta de energía, las preocupaciones medioambientales y de políticas de largo plazo del sector energético del país. La mayor parte de la generación de

energía proviene de plantas de energía térmica que consumen combustibles fósiles, tales como carbón, gas natural, diésel y combustibles derivados del petróleo. Carbón, gas natural y fuel oil son ampliamente utilizados para las turbinas de vapor, mientras que la turbina de gas y plantas de energía utilizan ciclos combinados de gas natural y diésel como combustible. Los tipos de combustible consumido en las centrales se resumen y presentan en la siguiente tabla 3.1, (M.H. Hasana,W.K. Muzammila, T.M.I. Mahliaa, A. Jannifara, & I. Hasanuddinb, 2012).

Combustible	Turbina de vapor	Turbina de gas	Ciclo Combinado	Motor diésel
Carbón	X	-	-	-
Gas natural	X	X	X	-
Aceite combustible	X	-	-	-
Diésel	-	X	X	X

Tabla 3.1.- Tipos de combustibles que se consumen en las centrales térmicas

3.2.2.- Criterios y Parámetros para una Planta de Energía Solar Fotovoltaica

En las últimas décadas, la atención a la energía solar como fuente de energía renovable y no contaminante aumentó mucho a través de los avances científicos, las instituciones privadas y públicas. Se hicieron varios esfuerzos para aumentar la difusión de este tipo de fuente y para crear las condiciones que hagan competitiva para el mercado de la energía. En particular, para el sector de la energía fotovoltaica (FV), el aumento de la eficiencia del módulo, la reducción del costo de fabricación y un fuerte apoyo público, a través de planes de incentivos favorables, genera un aumento significativo de la potencia instalada, superior al 40 GWp en 2010. Aunque la tendencia global del sector fotovoltaico es positiva, las diferencias entre países surgen de las peculiaridades locales y evoluciones en las políticas nacionales de apoyo.

Las estrategias nacionales de apoyo al sector fotovoltaico siguen desempeñando un papel fundamental para la mayoría de los países y las configuraciones consideradas. Alemania,

Italia y España presentan las condiciones más favorables para una instalación rentable de los sistemas fotovoltaicos. Por otra parte, la inversión inicial afecta en gran medida la rentabilidad de la planta de todos los escenarios estudiados.

Por lo tanto se menciona que parte de los criterios y parámetros que deben cumplir una planta de energía solar fotovoltaica, de acuerdo con Macarena y Martín Polo (2012), son:

- Criterio térmico: el conductor ha de ser capaz de disipar el calor generado por la intensidad que circula por el mismo durante el régimen permanente, teniendo en cuenta los factores de corrección por temperatura, profundidad, resistividad del terreno y agrupamiento.
- Criterio de caída de tensión: la caída de tensión debe ser menor que las especificadas por las condiciones de diseño
- Criterio de cortocircuito

Según los distintos criterios de selección del conductor, se tiene las secciones para cada uno de ellos:

- Térmico 10 AWG (6 mm²)
- Caída de tensión 10 AWG (6 mm²)

Estos son parte de los criterios de seguridad necesarios para que la planta tenga una durabilidad amplia, a la par que se optimiza el diseño de la misma.

De acuerdo a Taddei et al. (2014), se considera que dentro de los costos beneficios para una Planta Solar Fotovoltaica, cualquier localidad dentro del Estado de Sonora posee excelentes condiciones, tanto por los periodos de insolación como por los valores de radiación para las aplicaciones de aprovechamiento de energía solar.

Asimismo, el impresionante abaratamiento del costo de las celdas fotovoltaicas en los últimos años, al pasar de 76 U.S. dólares a finales de los 70`s a 36 centavos de U.S. dólar

por Watt en el 2014 (Figura 3.4), posibilita un amplio uso de estas tecnologías para generar energía eléctrica en el Estado.

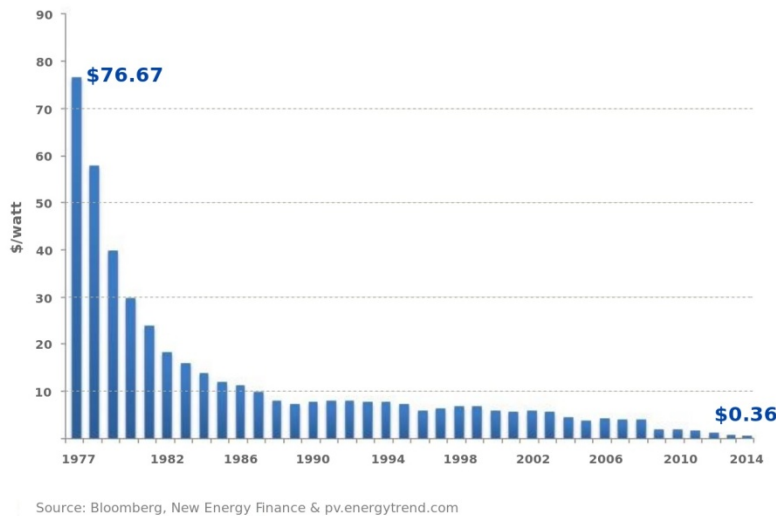


Figura 3.4. Evolución del precio de las fotos celdas solares

Por otro lado se considera que **Los sistemas solares domésticos (SSD)** siguen siendo la aplicación predominante de la energía FV en las zonas rurales de los países en desarrollo, y se usan sobre todo para iluminación, radio y televisión en los hogares. Algunos estudios informan que hay pocos datos que confirmen el impacto económico directo de los SSD en las familias; otros estudios indican un aumento de las actividades que generan ingresos y mencionan el ahorro de tiempo y la extensión del día gracias a los SSD. Este “tiempo extra” a veces se destina a actividades productivas como coser, tejer cestos y hacer artesanías. En otros casos el “tiempo extra” facilita las labores domésticas, permite hacer tareas escolares, estudiar y dedicarse a actividades de esparcimiento. Además, un mejor acceso a la información a menudo produce beneficios económicos indirectos, aparte de que los servicios eléctricos elevan el nivel de vida (B. van Campen, D. Guidi y G. Best, 2000).

Para instalar una planta solar fotovoltaica es necesario comprender la filosofía del negocio, las exigencias de trabajo que lleva consigo y tener experiencia en el sector. Por

ello se precisa tener dotes comerciales, para poder dar a conocer la empresa, captar nuevos clientes y llevar a cabo las negociaciones que considere beneficiosas para la explotación de la actividad.

A largo plazo, y siendo conscientes de que a medida que se intensifica la globalización en el panorama competitivo una perspectiva estratégica global llegará a ser más beneficiosa, de cara al futuro se deberá tener presente la economía global emergente y la globalización, que a su vez llevarán a centrarnos en un pensamiento estratégico global y a partir de aquí se tomarán nuevas decisiones sobre en qué mercados participar, el por qué y de qué forma, con la finalidad de determinar donde se debería ubicar la actividad clave que permita generar un valor agregado y finalmente tener un posicionamiento de mercado uniforme a través del mundo. (Fátima Casas Villar del Saz, E. L. (s.f.), 2013).

3.2.3 Criterios y parámetros y para comparar ambas tecnologías

A partir de la información anterior se establece una relación comparativa de parámetros y criterios, para ECV y ACB, entre una planta de ciclo combinado y una planta de energía solar fotovoltaica. Dicha información se presenta en la tabla 3.2.

PARÁMETROS	CRITERIOS	
	CICLO COMBINADO	SOLAR FOTOVOLTAICA
TEMPERATURA DE SIMULACIÓN EN EL DISEÑO	25°C	25°C
PRESIÓN ATMOSFERICA	1 ATM	1 ATM
ENERGÍA ELECTRICA NETA TOTAL	250 MW	250 MW
COSTOS DE LA PLANTA	\$250,000 DLS	\$750,000 DLS
VIDA ECONOMICA	25 AÑOS	30 AÑOS
COSTO DE COMBUSTIBLE	\$13.28/KG	NO EXISTE
VENTAJAS	Corto tiempo de construcción, no depende del clima, costos de inversión son menores que las hidroeléctricas y facilidad del transporte del combustible.	No emiten agentes contaminantes, ni calor, ruido y vibraciones
DESVENTAJAS	Son fuentes emisoras de agentes contaminantes, calor, ruido y vibraciones.	Altos costo de inversión
IMPACTO AMBIENTAL	Emisiones de contaminantes y volumen de residuos	No emiten emisiones contaminantes ni residuos
EFICIENCIA	40% de la conversión del 94% de eficiencia	100%, reduciéndose en 30 años hasta una eficiencia de 80%
NIVEL DE IRRADIACIÓN	No requiere	2000 W/m ²
COMBUSTIBLE	Gas Natural	No Requiere
LUGAR/PAIS	Sonora México	Sonora México
OBJETIVOS	Reducir costo de generación de electricidad con baja contaminación	Reducir costo de generación de electricidad sin contaminación

Tabla 3.2.- Criterios y Parámetros de Ciclo Combinado y Fotovoltaica Datos tomados de (Felipe R. Ponce Arrieta, Electo E. Silva Lora, 2005), (Expertos Eleazer Aner Salcido, FENOSA Hermosillo Son. 2013), (j de la Luz Ángel, 2006), (Roberto Carapellucci & Lorena Giordano, 2013), (Michael Dale, 2013).

3.3.- Fases del la Evaluación de Ciclo de Vida, según las Normas ISO 14040 y 14044, aplicándose a Ciclo Combinado y Energía Solar Fotovoltaica

En el presente apartado se aborda la ECV para ambas tecnologías: la de ciclo combinado y la solar fotovoltaica; en ese orden. Para el caso de la primera, se desarrolla el procedimiento indicado en el programa SIMAPRO presentando toda la aplicación, mientras que para la FV solo se analiza, pues el procedimiento es similar al que se utiliza en ciclo combinado.

3.3.1.- Evaluación del Ciclo de Vida a turbina de Ciclo Combinado

La evaluación de impacto ambiental a través del evaluación de ciclo de vida (ECV) de una turbina de gas en una planta que genera electricidad, puede ser dividido en subsistemas principales, que pueden ser: el transporte, fabricación de equipos y materiales estructurales, construcción de plantas, de operación, de desmantelamiento además de la generación de electricidad.

El marco del ECV puede identificar diversos riesgos en el flujo de fabricación del producto y, aunque de una manera menos precisa, es capaz de ofrecer orientación gerencial sobre cómo secuenciar mejoras tecnológicas con el fin de proporcionar un mayor rendimiento medioambiental, y por lo tanto actúa como una medida estática de un sistema técnico. En vista de la creciente necesidad de los tomadores de decisiones para diseñar estrategias viables por el cual una transformación tecnológica hacia la sostenibilidad puede proceder con la ECV y esperar que sea más importante para la identificación y evaluación de las vías de desarrollos tecnológicos alternativos.

En el presente capítulo se analizará el caso de estudio en secuencia con respecto al ciclo combinado y energía solar fotovoltaica, las cuales se comparan desde el punto de vista de análisis de ciclo de vida, utilizando el modelo computacional desarrollado. El objetivo es establecer un análisis de comparación que permita seleccionar el mejor diseño para la generación de la energía, aunque se sabe que la generación no puede depender de un solo proceso, si es importante dar a conocer cuál es la mejor opción para ello y que esto sirva para apoyar a detener la contaminación que otros procesos generan.

En este caso se simularán los modelos obtenidos; este apartado es importante ya que hace que el proceso de ECV se comprenda más fácilmente debido a que podemos presentar en forma gráfica las principales variables que se manejan en el proceso y se puede observar el comportamiento físico de los elementos más importantes que conforman a una planta de ciclo combinado así como a la de una de energía solar fotovoltaica.

Análisis para la Turbina de Gas en la Planta de Ciclo Combinado

Se sabe que una planta de ciclo combinado consta de varias etapas para la generación de la energía eléctrica, de los cuales consta de 2 turbinas una de vapor y la de gas y en base a ello, y como parte de que la turbina de gas es quien envía hacia la atmosfera los gases contaminantes, en este estudio se eligió la turbina de gas para conocer la evaluación de ciclo de vida y encontrar con ello el impacto ambiental que ocasiona en su etapa de proceso.

Ya que el impacto de cualquier planta de energía tiene sobre su medio ambiente debe minimizarse tanto como sea posible. Las legislaciones de diferentes países establecen normas y leyes que tienen que cumplirse. Muy a menudo los límites de emisiones se basan en la mejor tecnología de control de emisiones disponibles. Las emisiones de escape para el medio ambiente son controladas principalmente en la turbina de gas

La turbina de gas es el componente clave de la central eléctrica de turbinas, y las siguientes emisiones de una estación de energía afecta directamente al medio ambiente:

- Los productos de combustión (tubos de escape y cenizas)
- El calor residual
- De aguas residuales
- Ruido

Los escapes pueden incluir los siguientes componentes: H_2O , N_2 , O_2 , NO , NO_2 , CO_2 , CO , $C_n H_n$ (hidrocarburos no quemados - UHC), SO_2 , SO_3 , polvo, cenizas y metales pesados volátiles.

Los tres primeros de estos son inofensivos; los otros pueden afectar negativamente al medio ambiente. Los niveles de concentración de estas sustancias en el gas de escape dependen de la composición del combustible y el tipo de instalación. Sin embargo, cuanto mayor es la eficiencia de instalación, mayor es la caída en la proporción de las emisiones por unidad de energía eléctrica producida.

Para la planta de energía la turbina (gas o diésel), las emisiones más relevantes en los gases de escape son NO y NO_2 . NO_x (NO y NO_2) generan emisiones de ácido nítrico (HNO_3) en la atmósfera que, junto con los ácidos sulfúrico y sulfuroso (H_2SO_4 , H_2SO_3) son factores responsables de la lluvia ácida. CO_2 es creado por la quema de combustibles fósiles y es responsable del calentamiento global.

El proceso de una turbina de gas es simple: el aire del ambiente se filtra, comprimido a una presión de 14.28 a 30.6 kg/Cm^2 , y se utiliza para quemar la producción de un gas caliente con una temperatura generalmente superior a 1000 °C (1832 °F) de combustible. Esto expande en una turbina al accionar el compresor y el generador. El gas caliente expandido sale de la turbina a presión y a una temperatura entre 450 a 650 °C en función de la eficiencia de las turbinas de gas, relación de presión, y la temperatura de entrada de la turbina. En la Figura 3.8 se presenta un diagrama esquemático de una típica turbina de gas, (Caldeira-Pires Armando, R. d., 2003).

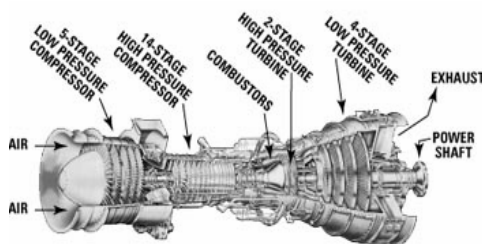


Fig. 3.5.- Diagrama esquemático de Turbina gas

Fuente: Armando Caldeira-Pires y Ricardo da Silva Ribeiro, (2003)

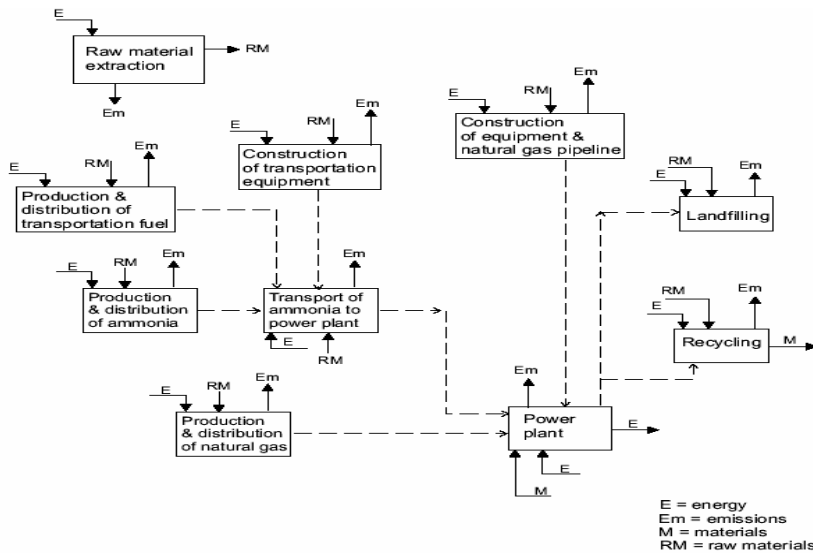


Figura 3.6.- Los límites del sistema para la producción de electricidad a través de un proceso de Turbinas de Gas Natural

Fuente: Spath y Mann, (2000)

En la Figura 3.6 se muestran los límites para el sistema, que representa los flujos de materiales y energía reales (líneas continuas) y que indica conexiones lógicas entre bloques de proceso (líneas punteadas).

En base a los resultados obtenidos y al análisis del comportamiento dinámico del ciclo combinado, se generarán las conclusiones y recomendaciones pertinentes para cada caso.

Se considera que el incremento continuo en los costos de la generación de energía eléctrica ha provocado que se busquen alternativas para su generación con costos más baratos para dicha producción, siendo con ello el ciclo combinado uno de los procesos que ha originado procedimientos de cálculos rápidos y soluciones exactas, para la generación de la energía eléctrica como para la selección de condiciones de operación óptimas de las mismas.

3.3. 2. Aplicación del SimaPro a ciclo combinado

El modelo para la central eléctrica de turbina de gas investigado fue construido en SimaPro. Los resultados del análisis de SimaPro para las fases de generación de energía eléctrica se presentan en la figura 3.7. Los Recursos, las emisiones y el consumo de energía fueron tomadas de la base de datos SimaPro 7.3.3.

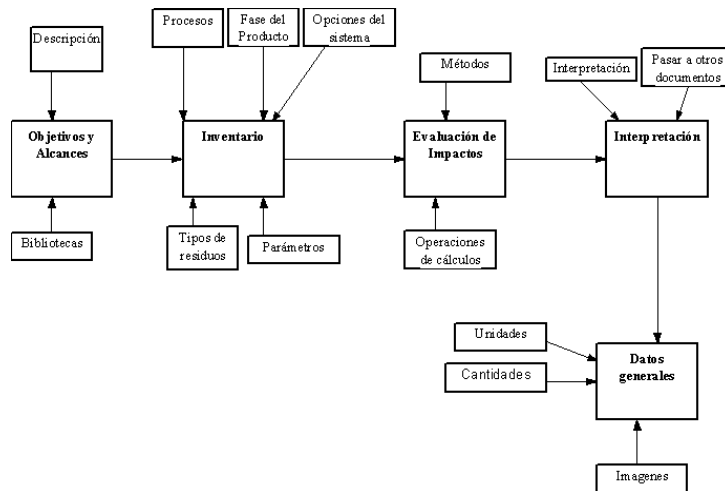


Figura 3.7.- Diagrama de flujo del proceso SimaPro 7.3.3

Fuente: Propia tomada de Introducción al ECV con SimaPro (2010)

Para validar el modelo de la turbina de gas en el ciclo combinado que se obtiene en un proceso industrial o real ocasiona algunos problemas que se llevan a veces mucho tiempo. Uno de estos problemas es la adquisición del equipo de medición para poder realizar las pruebas necesarias. Otro de los problemas es el financiamiento de las instalaciones. Por estos, y muchos más problemas que se presentan, la validación del modelo se llevan a cabo a partir de datos experimentales proporcionados por la Empresa Gas Fenosa, quien genera 250 MW de energía eléctrica en la Ciudad de Hermosillo y alimenta a la Red de Comisión Federal de Electricidad (CFE). La convergencia del modelo propuesto fue probada resolviendo una gran variedad de ejemplos y aproximando el modelo a los resultados encontrados por medio de las variables de adaptabilidad del sistema.

El análisis se realizó utilizando el software SimaPro 7.3.3 con lo cual se muestra lo siguiente:

1. Analiza la fase de producción
- 2 Analiza el ciclo de vida con la herramienta de cálculo BEES
3. Se Compara un producto a otro, y se realiza un análisis de sensibilidad simple.

Como método de evaluación para los efectos del impacto se utiliza la herramienta de cálculo utilizado para Norteamérica, ya que por ser un estudio en el Estado de Sonora se eligió a dicha herramienta contenida en el software Sima Pro BEES V4.02 (Building for **E**nvironmental and **E**conomic Sustainability), (Edificio de Sostenibilidad Ambiental y Económico) misma que se aplica como Apoyo para el Programa de Compra Verde del EPA (Environmental Protection Agency). Realiza Informes conformes a ISO de ECV, Dispone de la metodología TRACI (Define los pasos de normalización y ponderación). Y es exportable a Excel, para el calentamiento global, que es una de los procesos que contiene el mismo SimaPro.

Sin embargo, en el análisis de la fase de producción y el ciclo de vida se puede elegir uno de los muchos otros métodos de evaluación del impacto en SimaPro.

Su aplicación se basa en realizar cálculos que usándolos en el software de simulación se pueden obtener resultados que arrojen la información necesaria de cómo analizar el ciclo de vida de la planta de ciclo combinado, ya sea la turbina de gas, turbina de vapor, caldera de vapor, etc., mismas que muestran su comportamiento a través de sus objetivos y alcances, asimismo en su inventario que representa los procesos, fases del producto, tipos de residuos, opciones del sistema y sus parámetros; de ahí que se evalúan los impactos a través de los métodos que existen detallando sus operaciones de cálculos.

Unidad funcional

Como parte del estudio y uso del Sima Pro es importante definir lo que es la unidad funcional que corresponde al parámetro principal que cuantifica la acción del sistema cuando se ejecuta la función asociada; esto sirve como dato de referencia para los posibles objetos de comparación. La definición correcta de la unidad funcional constituye un paso decisivo para la evaluación del ciclo de vida.

En este estudio la unidad funcional se define como "1 kWh de electricidad neta producida por la planta de energía".

Caso Analizado Turbina de Gas

En el caso de la Evaluación de Ciclo de Vida para una planta de Ciclo Combinado se analizaron los casos de Planta de Ciclo Combinado, Utilizando Gas Natural con la mejor Tecnología conocida como RER S, y datos proporcionados por un experto encargado de la generación de energía eléctrica en la Empresa Gas Natural (fenosa) de la Cd. de Hermosillo, cubriendo los siguientes aspectos.

Central de Ciclo Combinado de Hermosillo, México

La Empresa Gas Natural (Fenosa) lanzó operaciones en el año 2001. Contando con la Certificación de Sistemas de Gestión Ambiental y de Calidad, de acuerdo a las Normas ISO 14001:2004 e ISO 9001:2000, respectivamente; y con el reconocimiento de Industria Limpia otorgado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

A continuación se presenta el Procedimiento para la Evaluación de Ciclo de Vida que puede ser utilizado tanto en la Turbina de Gas y/o Energía Solar Fotovoltaica utilizando SimaPro.

Para llevar a cabo una ECV en el programa SimaPro se recomienda seguir el procedimiento que se muestra en la figura 3.8



Figura 3.8.- Fase de la Evaluación de Ciclo de Vida

Fuente.- Goedkoop, M, Schryver D. & Oele M. (2010). Introducción al ECV con SimaPro 7

3.3.2.1.- Selección de la Turbina de Gas

Para llevar a cabo esta metodología de SimaPro 7.3.3 se eligió el tipo de turbina que se utiliza en la empresa gas natural Fenosa y que viene siendo (Natural Gas, burned in gas turbine/CHS), con capacidad de generación de 250 MW y cuya vida útil de ella está calculada para 20 años. La planta inició operación en el año 2004.

3.3.2.2.- Definición de alcance y objetivos

Dentro de los alcances y objetivos establece que las ISO 14040 y 14042 determinan normas mínimas para la evaluación del impacto.

El objetivo es evaluación a través de la Evaluación de ciclo de vida (ECV) el comportamiento de la turbina de gas en el proceso de generación de la energía eléctrica

Y comparar su ciclo de vida con la de una planta solar fotovoltaica.

3.3.2.3.- Análisis de inventario

Una vez realizado el cálculo a través del SimaPro, se obtiene el inventario de los componentes que contiene la turbina al generar la energía, de lo cual se determinan para.

- 1.- Para el calentamiento global de la turbina de gas
- 2.- Residuos de la turbina de gas
- 3.- Calentamiento global del vapor
- 4.- Residuos del smog del vapor

3.3.2.4.- Evaluación del Impacto

En esta sección se evalúa el impacto ambiental que ocasiona la turbina una vez realizado los cálculos en el programa.

El método de evaluación de impacto para el análisis realizado fue TRACI 2 V 4.00, mismo que viene recomendado dentro de los métodos del software para el área de américa del norte y los factores de caracterización provinieron del mismo método de evaluación.

3.3.2.5.- Interpretación

Una vez que se tienen todos los cálculos se interpretan los resultados y se da a conocer cuáles son los componentes que más impactan al ambiente y que puedan ocasionar problemas a la salud del ser humano.

Para llevar a cabo la interpretación se considera, los siguientes puntos como parte del mismo software que lo establece al momento que se realizan los cálculos y se obtienen sus resultados.

3.3.2.5.1.- Clasificación

El primer paso o etapa dentro del marco de un ECV es la selección de categorías de Impacto ambiental a tener en cuenta en el estudio. Estas categorías representan los impactos ambientales de interés a los cuales se quieren asignar los resultados del EICV. Es decir, los impactos ambientales de los cuales se desean obtener resultados.

A modo orientativo, se indican a continuación las principales categorías de impacto ambiental contempladas por la SETAC (Sociedad de Toxicología y Química Ambiental), (La fundación de SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) se *fundó* en 1979, con el objetivo de desarrollar la metodología y los criterios del ECV, temas que actualmente lidera), véase (Tabla 3.4).

Durante la etapa de clasificación, los datos del ICV son asignados a categorías de impacto. Si una sustancia contribuye a varias categorías de impacto, tiene que ser tenida en cuenta en todas estas categorías.

	CATEGORIA DE IMPACTO AMBIENTAL	UNIDAD DE REFERENCIA	FACTOR DE CARACTERIZACIÓN
CALENTAMIENTO GLOBAL	Fenómeno observado en las medidas de la temperatura que muestra en promedio un aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas	Kg. Eq CO ₂	Potencial de Calentamiento Global (PCG)
CONSUMO DE RECURSOS ENERGETICOS	Energía consumida en la obtención de las materias primas, fabricación, distribución, uso y fin de vida del elemento analizado. MJ Cantidad Consumida	MJ	CANTIDAD CONSUMIDA
REDUCCIÓN DE CAPA DE OZONO	Efectos negativos sobre la capacidad de protección frente a las radiaciones ultravioletas solares de la capa de ozono atmosférica.	Kg. Eq. CFC-11	Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PAO)
EUTROFIZACIÓN	Crecimiento excesivo de la población de algas originado por el enriquecimiento artificial de las aguas de ríos y embalses como consecuencia del empleo masivo de fertilizantes y detergentes que provoca un alto consumo del oxígeno del agua.	Kg. Eq. de NO ₃	Potencial de Eutrofización (PE)
ACIDIFICACIÓN	Pérdida de la capacidad neutralizante del suelo y del agua, como consecuencia del retorno a la superficie de la tierra, en forma de ácidos, de los óxidos de azufre y nitrógeno descargados a la atmósfera	Kg. Eq SO ₂	Potencial de Acidificación (PA)

CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS	Consumo de materiales extraídos de la naturaleza.	Tm	Cantidad Consumida
FORMACIÓN DE OXIDANTES FOTOQUIMICOS	Formación de los precursores que dan lugar a la contaminación fotoquímica. La luz solar incide sobre dichos precursores, provocando la formación de una serie de compuestos conocidos como oxidantes fotoquímicos (el ozono-O ₃ es el más importante por su abundancia y toxicidad)	Kg. Eq. C ₂ H ₄	Potencial de Formación de oxidantes fotoquímicos (PFOF)

Tabla 3.3.- Categorías de Impacto Ambiental SETAC

Fuente: Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental, (2009)

3.3.2.5.2.- Caracterización

Una vez que cada sustancia del ICV (Inventario de Ciclo de Vida) se ha asignada a una o más categorías de impacto ambiental a través de la clasificación, se compara su valor con respecto a la sustancia de referencia de dicha categoría.

Esto se lleva a cabo a través de los **factores de caracterización de cada sustancia**, y representan la contribución de una sustancia a una determinada categoría de impacto en relación a la sustancia de referencia en dicha categoría. Cada sustancia es multiplicada por su correspondiente factor de caracterización. De este modo se pueden obtener valores con unidades equivalentes, los cuales pueden ser sumados para medir la contribución de las sustancias a esa categoría de impacto.

A modo de ejemplo, en la (Tabla 3.4) se muestran algunos factores de caracterización relativos a la categoría de Calentamiento Global.

FACTORES DE CARACTERIZACIÓN PARA LA CATEGORÍA DE CALENTAMIENTO GLOBAL			
Sustancia		Factor de Caracterización	Kg eq. CO₂
		IPCC 2007	Ecoindicador 95
Dióxido de Carbono	CO₂	1	1
Metano	CH₄	21	11
Óxido Nitroso	N₂O	298	270
Hidrofluorocarbonos	CFC_s	124-14.800	100-13.000
Hexafluoruro de azufre	CF₆	22.800	---

Tabla 3.4.- Potencial del Calentamiento Global (GWP) a 100 años de los principales gases de efecto invernadero según, metodologías IPCC 2007 y Eco indicador 95.

Fuente: Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental, (2009)

3.3.2.5.3.- Normalización, Agrupación Y Ponderación

Además de los pasos obligatorios a realizar en la EICV, existen pasos opcionales que pueden darse dependiendo del objetivo y alcance previsto. Estos son los siguientes:

- **Normalización:** Conversión de los resultados de la caracterización a unidades globales neutras, dividiendo cada uno por un factor de normalización. A través de estos factores se representa el grado de contribución de cada categoría de impacto sobre el problema medioambiental local.
- **Agrupación:** Clasificación de las categorías de impacto en otros grupos que engloben categorías de impacto con efectos similares.
- **Ponderación:** Conversión de los resultados de los valores caracterizados a una unidad común y sumable (en el caso de que la metodología incluya una normalización, a partir de los valores normalizados), multiplicándolos por su

factor de ponderación. Posteriormente se suman todos ellos para obtener una puntuación única total del impacto ambiental del sistema.

3.3.3.- Evaluación de Ciclo de Vida para Energía Solar Fotovoltaica

En base a los resultados obtenidos y al análisis del comportamiento dinámico de una Planta Solar Fotovoltaica, se generarán las conclusiones y recomendaciones pertinentes para cada caso.

Se considera que el incremento continuo en los costos de la generación de energía eléctrica ha provocado que se busquen alternativas para su generación con costos más baratos, siendo este otro caso de estudio el de la energía solar fotovoltaica que ha originado procedimientos de cálculos rápidos y soluciones exactas, para la generación de la energía eléctrica como para la selección de condiciones de operación óptimas de las mismas.

3.3.3.1.-Validación del Modelo de Solar Fotovoltaica

Para validar dicho modelo de la una planta solar fotovoltaica que al igual se obtiene en un proceso industrial o real ocasiona algunos problemas que se llevan a veces mucho tiempo. Uno de estos problemas es la adquisición del equipo de medición para poder realizar las pruebas necesarias.

Otro de los problemas es el financiamiento de las instalaciones. Por estos, y muchos más problemas que se presentan, la validación del modelo solar fotovoltaico se hace a partir de datos experimentales proporcionados por el software SimaPro 7.3.3. Considerando que se utilizaría una planta que genere 250 MW de energía eléctrica en el Estado de Sonora y alimente a la Red de Comisión Federal de Electricidad (CFE). La convergencia del modelo propuesto fue probada resolviendo una gran variedad de ejemplos aproximando el modelo a los resultados encontrados por medio de las variables de adaptabilidad del sistema.

Para iniciar el proceso de validación, se analiza el diseño de una planta solar fotovoltaica en el cual se obtiene la simulación que se requiere para analizar el ciclo de vida. El análisis se realizó igualmente que en el de la turbina de vapor del ciclo combinado utilizando el mismo software SimaPro 7.3.3, y los mismos pasos que para la ECV de la turbina de gas.

Como método de evaluación de efecto del impacto se utiliza BEES V4.02, para calentamiento global.

Sin embargo, en el análisis de la fase de producción y el ciclo de vida se puede elegir uno de los muchos otros métodos de evaluación del impacto en SimaPro. Su aplicación se basa en determinar cálculos que usándolos en el software de simulación se pueden obtener resultados que proporcionen la información necesaria para analizar el ciclo de vida de la planta solar fotovoltaica.

3.3.3.2.- Caso Evaluación de ciclo de Vida de Planta Solar Fotovoltaica

En el caso de la Evaluación de Ciclo de Vida para una planta solar fotovoltaica, el propio software SimaPro 7.3.3, en su base de datos referente al inventario de procesos, establece un número de datos con respecto al estudio de análisis de ciclo de vida y de esa gama se toma Electricidad, PV, en la instalación de fachada 3kWp, multi-Si, el panel, montada / CH S ' (Electricity, PV, at 3Kwp facade installation, multi- Si, panel, mounted /CH S'), utilizándose la misma metodología que se utilizó en ciclo combinado.

Procedimiento de ECV para una Planta Solar Fotovoltaica

En este caso se utiliza el mismo procedimiento que se utilizó para la turbina de gas de ciclo combinado en la figura 3.8, solo que ahora el proceso es para una planta solar fotovoltaica, con los mismos pasos y utilizando el mismo método de cálculo, siendo el método de evaluación de impacto para el análisis el TRACI 2 V 4.00, mismo que viene recomendado dentro de los métodos del software para el área de américa del norte y los factores de caracterización provinieron del mismo método de evaluación.

3.4.- Establecer el Análisis de Costo Beneficio para Ciclo Combinado y Energía Solar Fotovoltaica

A continuación se establece el análisis de costo beneficio en la generación de energía eléctrica generada por una planta de gas de ciclo combinado y una de energía solar fotovoltaica, donde se analiza cuál de los dos procesos es más conveniente para dicha generación. Se contemplan 25 años y que el beneficio resuelva un problema social, de tal manera que pueda aplicarse en forma real por los organismos y con ello coadyuve al abastecimiento de la energía eléctrica con un menor impacto ambiental y de la salud.

Es importante mencionar que, para establecer la relación de beneficio costo, se considere el análisis de las ventajas competitivas que esto conlleva, aunado a la cadena de valor como herramienta para llevarse a cabo ya que esto sirve para desagregar las actividades estratégicas encaminado a comprender el comportamiento de los costos.

La cadena de valor permite que se identifiquen más claramente los beneficios potenciales en su integración, resaltando sus eslabones que conforman la estructura de la relación de Beneficio Costo.

Concepto	Unidad	Acumulado Ene-Sep 2014
Generación Neta (MWh)	MWh	9.944
Gastos salarios. (\$)	\$	70.893
Gasto prestaciones sociales. (\$)	\$	149.047
Gasto materiales. (\$)	\$	35.454
Gasto energeticos y fuerza comprada.(G40) (\$)	\$	0
Gasto impuestos y derechos. (\$)	\$	14.188
Gasto adquisición de servicios. (\$)	\$	2.750
Gasto servicio de terceros. (\$)	\$	32.445
Gasto costos generales. (\$)	\$	0
Gasto IMSS y seguridad social (\$)	\$	0
Gasto Prestaciones y Prev. Social (GCP0) (\$)	\$	0
Gasto de explotacion (total). (\$)	\$	304.778
Depreciación	\$	6.830.496
Gasto Total (Gasto de Explotación + Depreciación)	\$	7.135.273
Costo Unitario de Producción	\$/MWh	30,65
Costo Unitario Total	\$/MWh	717,55

Tabla 3.5.- Generación y gastos de Solar Fotovoltaica

Fuente: Comisión Federal de Electricidad (Hermosillo, Son, 2014)

En esta tabla 3.5 se establecen la generación neta en MWh, de energía solar fotovoltaica en lo que concierne al año 2014, siendo desde el mes de Enero - Septiembre y a la vez se tienen los gastos que para ello se han realizado en el mismo tiempo; de ahí se deduce que el costo unitario total se debe a la división de los gastos totales, incluyendo gastos de explotación más depreciación, dividido en la generación neta dando con ello un costo unitario total de 717.55 \$/MWh y que expresándolo en \$/kWh le corresponden a .717 \$/kWh; el costo unitario de producción es de acuerdo a la división del gasto de explotación total entre la generación neta (MWH) dando como resultado 30.65 que expresado en \$/kWh tenemos un valor de 0.03065 \$/ kWh. Con esto se hace una extrapolación del 2014 al 2039, para establecer cuál sería su Costo Beneficio y así poder hacer el análisis comparativo con respecto a la Central de Ciclo Combinado, considerando un precio de venta de \$1.15 y un incremento anual del 10%.

3.4.1.- Procedimiento que se realiza para hacer el análisis de costo beneficio

El Puget Sound Regional Council (2009) establece que la lógica de la estructura de costo-beneficio sigue naturalmente los principios económicos subyacentes de una economía privada orientada al mercado, pero también es ampliamente aceptado en el contexto de la selección de proyectos públicos. Los pasos básicos en el proceso de análisis de costo-beneficio son los siguientes:

1. Definir la Alternativa Proyecto y el Caso Base.
2. Determinar el nivel de detalle requerido.
3. Desarrollar los factores básicos de costos usuario (valores de tiempo, los costos de operación de la unidad de vehículo, tipo de accidente y los parámetros de costos, tasas de emisiones de los vehículos y de los parámetros de costos, etc.).
4. Seleccione los factores económicos (tasa de descuento, período de análisis, fecha de evaluación, las tasas de inflación, etc.).
5. Obtener los datos de rendimiento del tráfico (por Proyecto Alternativo y Caso Base) por períodos modelados de forma explícita.
6. Medir los costos de los usuarios (por Proyecto Alternativo y Caso Base) para el enlace (s) afectado o corredor (s)
7. Calcular beneficios para el usuario.
8. Extrapolar / interpolar beneficios para todos los años del proyecto (a menos que todos los períodos de tiempo son explícitamente modelado).
9. Determinar el valor presente de los beneficios, los costos.

El análisis costo-beneficio es claramente la metodología de evaluación dominante en la economía en general. La razón es que el análisis de costo-beneficio es una extensión del

principio de que el objetivo de cualquier sistema, para seleccionar entre las alternativas de proyectos y programas, es mejorar el bienestar de la red comunitaria de cualquier carga sobre la sociedad de escasos recursos económicos. Sin embargo, hay retos que deben superarse cuando se utiliza el análisis de costo-beneficio, entre ellos:

- 1.- La tasa de actualización
- 2.- Determinar los ingresos proyectados a un tiempo definido
- 3.- Determinar los gastos proyectados a un tiempo definido
- 4.- Calcular el flujo de efectivo
- 5.- calcular la tasa de actualización proyectada
- 6.- Calcular los ingresos actualizados proyectados
- 7.- Calcular los gastos actualizados proyectados

Una vez teniendo esta base de datos, se determina:

- VAN (Valor actual neto)
- TIR (Tasa Interna de Retorno)
- Relación Beneficio/Costo

Una vez definido el procedimiento, se llevan a cabo los cálculos para obtener el análisis de costo beneficio de las 2 plantas. Se tienen que determinar los ingresos que se pueden generar de aquí a 25 años, así como los gastos, considerando una tasa de actualización del 12%, para que con esto se obtenga el flujo de efectivo que es la diferencia de los ingresos y gastos totales anuales

La tasa de actualización es fijada por la persona que evalúa el proyecto de inversión conjuntamente con los inversores o dueño.

Y dicha tasa puede ser:

- El interés que marque el mercado. Consiste en tomar una tasa de interés a largo plazo, la cual se puede obtener del mercado.
- La tasa de rentabilidad de la empresa: los que consideran que el tipo de interés a utilizar dependerá de la forma en que se financie la inversión. Si se financia con capital ajeno, la tasa de actualización puede ser la que refleja el costo de capital ajeno.

El capital propio tiene un costo para la empresa que es el mismo que la rentabilidad del accionista.

En ello existe un factor fundamental para el cálculo de la tasa actualizada, que es el capital de riesgo.

Si existe riesgo, la tasa de interés debe ser “mayor” a un proyecto que no tenga riesgo

La aceptación o rechazo de un proyecto depende si el mismo es mayor o menor.

Ejemplo si el VAN = 0 (cero), significa que solo recupero la inversión inicial obteniéndose una tasa de rendimiento menor a la tasa de actualización.

Ahora bien el método TIR (Tasa Interna de Retorno), es la tasa que iguala a la suma de los flujos de efectivo desde el año 0 hasta el año que se calcula la TIR y cuyo flujo de efectivo es la diferencia de los ingresos menos los gastos. También se puede decir que es la tasa de interés que hace que el VAN del proyecto sea igual a cero.

Esta tasa es un criterio de rentabilidad y no de ingreso monetario neto como lo es el VAN. Ayuda a medir en términos relativos la rentabilidad de una inversión.

Es una tasa propia del proyecto, del flujo de fondos; esto significa que no lo fija el inversionista, sino que está implícito en el flujo de fondos.

Para ello existen los criterios de aceptación de un proyecto:

- Si la TIR < Tasa de actualización, implica que el proyecto se rechaza
- Si la TIR > Tasa de actualización, implica que el proyecto se acepta

Con esto se establece que:

1.- Valor Actual o Presente Neto (VAN): es el valor descontado de los ingresos netos de cada periodo.

2.- Tasa Interna de Retorno (TIR): Es la tasa a la cual el valor presente neto es cero.

3.- Relación Beneficio / Costo: Mide el cociente entre los ingresos actualizados y costos actualizados o descontados.

Es importante recalcar que la relación beneficio costo se toman de los ingresos y egresos presentes netos del estado de resultados, para determinar cuáles son los beneficios por cada peso que se sacrifica en un proyecto.

Por lo tanto, cuando se mencionan los ingresos netos se hace referencia a los ingresos que efectivamente se recibirán en los años proyectados. Al mencionar los egresos actualizados netos se toman de aquellas partidas que efectivamente generarán salidas de efectivo durante los diferentes periodos. Por lo que el estado de flujo de efectivo es la herramienta que suministra los datos necesarios para el cálculo de este indicador.

La relación beneficio / costo es un indicador que mide el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede generar a una comunidad.

Para esto se debe establecer lo que se denomina la tasa actualizada que se fija de acuerdo al mercado y puede ser variable; de acuerdo a los análisis económicos que realiza el Banco Interamericano de Desarrollo, se establece que en lo correspondiente a la generación de energía eléctrica y de acuerdo a las características de vida útil dicha tasa es del 12%. Con ello se realizan los cálculos para la base de datos a 25 años, y así obtener los ingresos y egresos actualizados que resultan de multiplicar la tasa actualizada por año, por los ingresos en el plazo fijado.

Una vez realizada la base de datos en la tabla se obtiene lo que es la Relación Beneficio Costo dividiendo los ingresos actualizados entre los gastos actualizados. Que esto se presenta la tabla donde se obtienen la relación beneficio costo de una planta fotovoltaica.

El siguiente paso, es hacer el mismo estudio para una central de ciclo combinado, con los datos de inicio para hacer igualmente el análisis de 0 a 25 años.

Concepto	Unidad	Acumulado Ene-Sep 2014
Generación Neta (MWh)	MWh	5.075.781
Gastos salarios. (\$)	\$	15.183.739
Gasto prestaciones sociales. (\$)	\$	58.344.110
Gasto materiales. (\$)	\$	58.359.398
Gasto energeticos y fuerza comprada.(G40) (\$)	\$	2.609.935.920
Gasto impuestos y derechos. (\$)	\$	5.090.140
Gasto adquisicion de servicios. (\$)	\$	1.624.909
Gasto servicio de terceros. (\$)	\$	35.293.874
Gasto costos generales. (\$)	\$	172.866.895
Gasto IMSS y seguridad social (\$)	\$	4.697.546
Gasto Prestaciones y Prev. Social (GCP0) (\$)	\$	676.077
Gasto de explotacion (total). (\$)	\$	2.968.157.296
Depreciación	\$	660.978.355
Gasto Total (Gasto de Explotación + Depreciación)	\$	3.629.135.651
Costo Unitario de Producción	\$/MWh	584,77
Costo Unitario Total	\$/MWh	714,99

Tabla 3.6.- Generación y gastos de Central de Ciclo Combinado

Fuente: Comisión Federal Electricidad (Hermosillo Sonora, 2014)

En la Tabla 3.6 se presentan la generación y gastos para una central de ciclo combinado, con lo que respecta a la generación neta que es expresada en MWh, en un periodo comprendido del mes de Enero a Septiembre y con los gastos totales que conlleva; para ello se tiene que el costo unitario de producción es de 584.77 \$/MWh, que expresados en kWh es de \$ 0.584/ kWh siendo lo mismo el costo unitario total que es de 714.99 \$/kWh mismo que expresado en kWh es de 0.714 \$/kWh

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de aplicar el ECV y el ACB a las tecnologías turbina de gas y solar fotovoltaica.

4.1.- Evaluación del Ciclo de Vida para turbina de gas y Fotovoltaica

El paquete SimaPro arroja valores sobre el impacto de la operación de la turbina en el calentamiento global y un balance total de la ECV, como se presentan a continuación, en los anexos 1 y 3 se presentan el procedimiento y las herramientas de cálculos utilizados:

4.1.1 Calentamiento Global de la turbina de gas

En la figura 4.1 se puede observar, el dióxido de carbono fósil es quien tiene mayor valor con respecto al calentamiento global mientras que el resto son remanentes de las exhalaciones de vapor que genera la turbina.



Figura 4.1.- Calentamiento Global de la Turbina de Gas (Fuente: SimaPro 7.3.3)

En la Tabla 4.1.- se observan los datos obtenidos en el análisis de ciclo de vida de acuerdo al Sima Pro 7.3.3, donde las comparaciones de NO_x, SO₂ y NO₂, son de acuerdo al método aplicado.

Exportado de SimaPro 7.3.3		
Exportar a: 19/10/2013 en 14:21:51		
Comparando 1 MJ 'NOx', 1 MJ 'SO2' y 1 MJ 'NO2';		
Método: TRACI 2 V4.00 / Caracterización		
Unidad usada: kg CO2 eq		
Etq.		
Carbon dioxide, fossil	0,0553	
Carbon dioxide, fossil	0,0035	
Methane, fossil	0,0004	
Methane, fossil	0,0002	
Carbon dioxide, fossil	7,79E-05	
Substancias remanentes	6,35E-06	

Tabla 4.1.- Calentamiento Global de Turbina de Gas (Software SimaPro 7.3.3)

Una vez que cada sustancia del ICV (Inventario de Ciclo de Vida) se asigna a una o más categorías de impacto ambiental a través de la clasificación, se compara su valor con respecto a la sustancia de referencia de dicha categoría.

Esto se lleva a cabo a través de los **factores de caracterización de cada sustancia**, y representan la contribución de las sustancias a una determinada categoría de impacto en relación a la sustancia de referencia en dicha categoría. Cada sustancia es multiplicada por su correspondiente factor de caracterización. De este modo se pueden obtener valores con unidades equivalentes, los cuales pueden ser sumados para medir la contribución de las sustancias a esa categoría de impacto ambiental de acuerdo a (Ihobe, 2009).

En primer lugar se tiene que el Potencial del Calentamiento Global (GWP) a 100 años de los principales gases de efecto invernadero según, metodologías del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC 2007) y Eco indicador

95 de acuerdo con (Ihobe, Análisis de ciclo de vida y huella de carbono: dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto, 2009), donde de acuerdo a la tabla 4.2, el valor permisible para el dióxido de carbono fósil es de 1 y el resultado encontrado es de 0.0553, por lo que de acuerdo a IPCC 2007, se tiene, en la Tabla 3.4, el ICV obtenido de la metodología de SimaPro 7.3.3.

ICV	Calentamiento Global Kg eq. CO ₂ /kWh
0.0553 Kg CO ₂	x 1 = 0.0553
0.0004 Kg CH ₄	X11 = 0.0044
Total	0.0597

Tabla 4.2.- Balance del calentamiento global de la turbina de gas

4.1.1.1.- Residuos de la turbina de gas

En la figura 4.2 se pueden observar, los óxidos de nitrógeno notándose que el óxido de nitrógeno es quien tiene mayor valor con respecto a los residuos de la turbina de gas al calentamiento global mientras que el resto son remanentes de las exhalaciones de vapor que genera la turbina, y de acuerdo a su factor de caracterización de Ihobe está dentro de los límites permitidos. En el Anexo 4 se tienen los datos numéricos de los residuos y de acuerdo a su factor de caracterización de Ihobe está dentro de los límites permitidos.

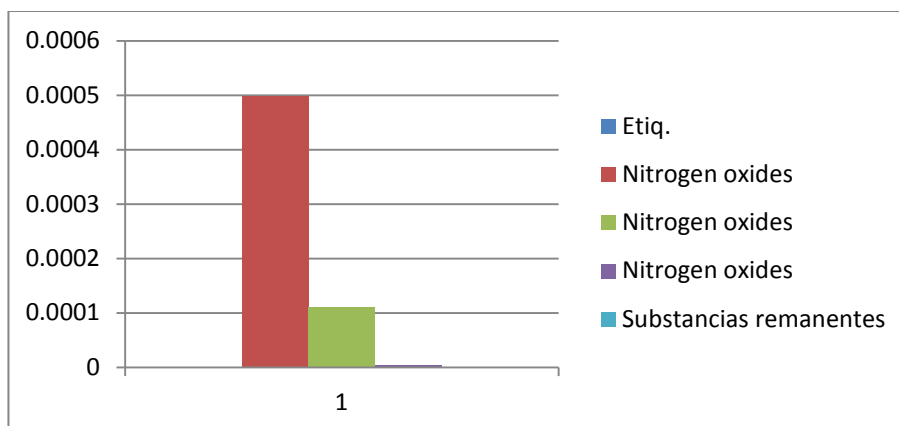


Figura 4.2.- Residuos de la Turbina de Gas

4.1.1.2.- Análisis de los residuos de la turbina de gas

En la tabla 4.3, se tiene que el Potencial del Calentamiento Global (GWP) a 100 años de los principales gases de efecto invernadero según, metodologías del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC 2007) y Eco indicador 95 de acuerdo con (Ihobe, Análisis de ciclo de vida y huella de carbono: dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto, 2009), donde de acuerdo a la tabla 3.4, el valor permisible para los óxidos nitrosos en los residuos de la turbina de gas es de 270 y el resultado encontrado es de 0.162, por lo que de acuerdo a IPCC 2007, se tiene, en el anexo7, el ICV obtenido de la metodología de SimaPro 7.3.3.

ICV	Residuos de Turbina de Gas kg O ₃ eq/kWh
0,0005 de Nitrogen oxides	x 270 = .135
0.0001 Nitrogen oxides	x 270 = .027
Total	0.162

Tabla 4.3.- Análisis de los residuos de gas para óxidos nitrosos

4.1.1.3.- ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL SMOG DEL VAPOR

En la figura 4.3, se tiene lo referente al impacto del smog del vapor de la turbina y los resultados son de que el Óxido de Nitrógeno es el que más se desprende hacia el medio ambiente con un valor aproximado de 0.0662 g NO_x eq., mismo que se puede ver en el anexo 6

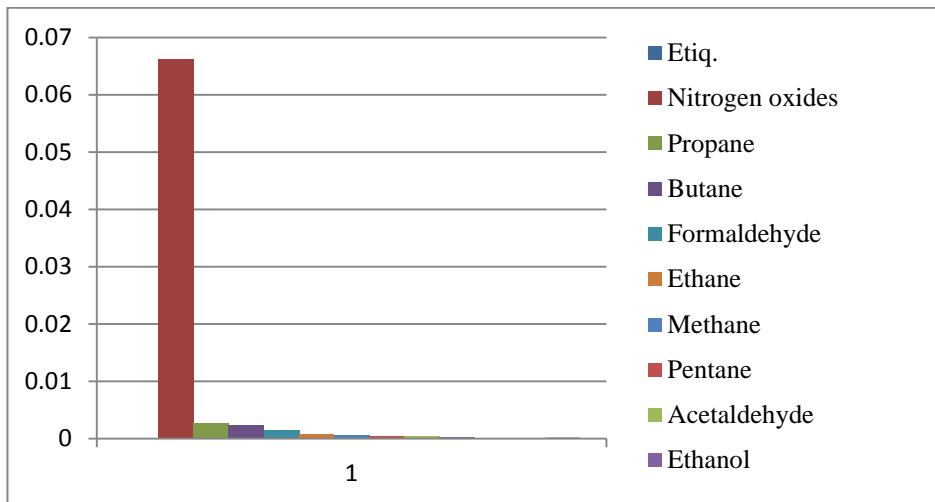


Figura 4.3.- Análisis del impacto del smog del vapor

4.1.1.4.- ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL SMOG DEL VAPOR

En la tabla 4.4 se observa que el Potencial del Calentamiento Global (GWP) a 100 años de los principales gases de efecto invernadero según, metodologías del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC 2007) y Eco indicador 95 de acuerdo con (Ihobe, Análisis de ciclo de vida y huella de carbono: dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto, 2009), donde de acuerdo a la tabla 3.4, el valor permisible para los óxidos nitrosos del impacto que ocasiona el smog del vapor es de 270 y para el metano es de 11 y el resultado encontrado es de 0.01788 Kg, por lo que de acuerdo a IPCC 2007, se tiene, en el anexo 10, el ICV obtenido de la metodología de SimaPro 7.3.3

ICV	Análisis del Impacto del Smog del vapor g NOx eq/kWh
0,0662 de Nitrogen oxides	x 270 = 17.87
0.0006 Methane	x 11 = .0066
Total	17.8806 = .01788 Kg

Tabla 4.4.- Análisis del Impacto del Smog del Vapor

4.1.1.5.- Calentamiento Global por el vapor

En la figura 4.4, se puede ver que el calentamiento global que provoca el vapor de la turbina es dióxido de carbono y la transformación de la tierra que arroja 98.98 g CO₂ eq. Hacia el medio ambiente, en el anexo 7 se observan los datos numéricos sobre el comportamiento del mismo.

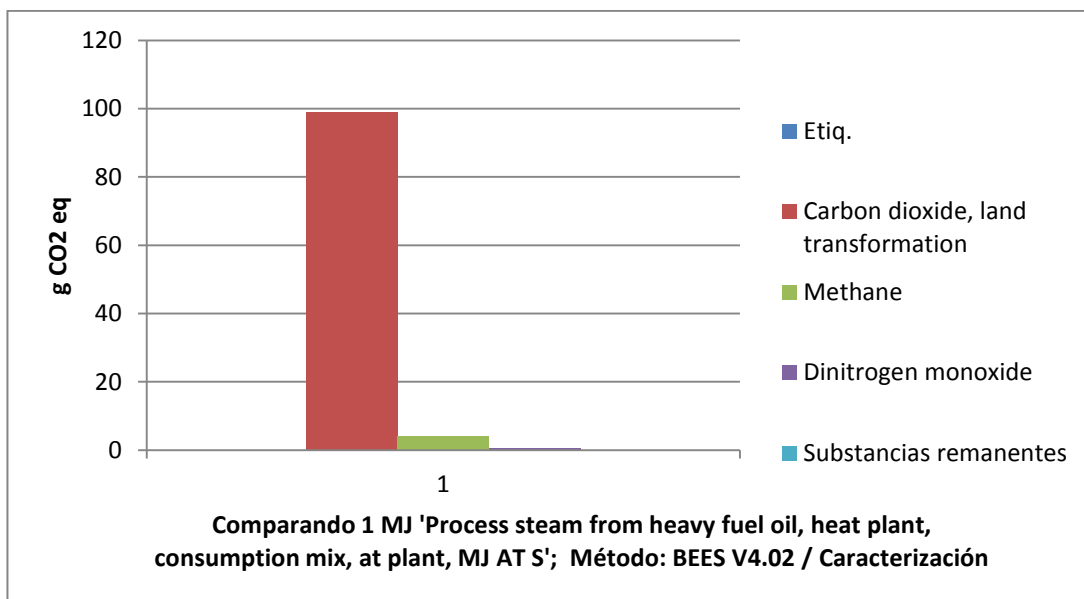


Figura 4.4.- Calentamiento Global por el vapor (Fuente SimaPro 7.3.3)

4.1.1.6.- Residuos del Smog del vapor

En la figura 4.5, se observa los residuos del smog del vapor, de donde se etiquetan los diversos componentes químicos que se obtienen, el método que se utiliza en el método del mismo software, así como la unidad usada y sus comparaciones, mismos que se observan en el anexo 8

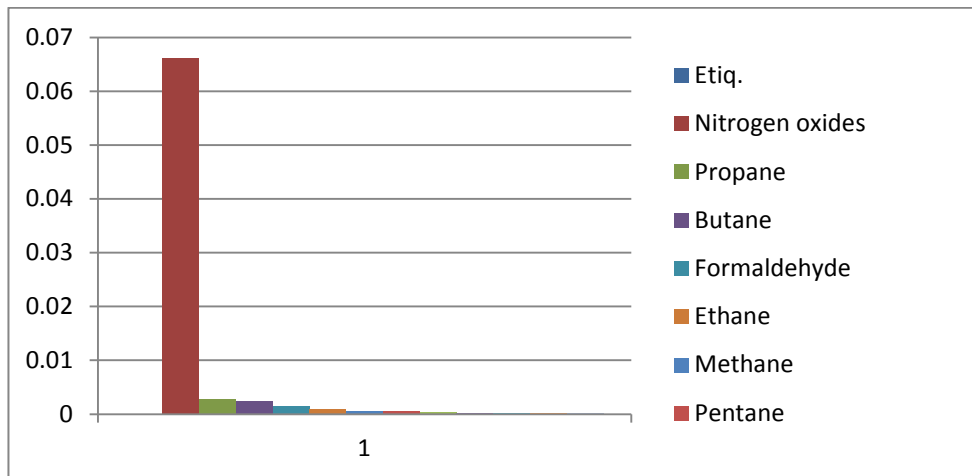


Figura 4.5.- Residuos del Smog del Vapor (Fuente SimaPro 7.3.3)

4.1.2.- Balance Total de la ECV de la Turbina de Gas para Ciclo Combinado

Una vez realizado el estudio del ECV, y habiéndose obtenido los cálculos a cada una de los componentes que intervienen en el análisis de ciclo de vida realizados con el software SimaPro como fue a la turbina en sí, sus residuos y el vapor generado por la propia turbina, se hace con esto un balance total del ECV de la turbina de gas para una planta de ciclo combinado.

De este modo se obtienen los valores con unidades equivalentes, los cuales se suman para medir la contribución de las sustancias a cada categoría de impacto (Véase Tabla 4.5).

ICV Total	Calentamiento Global KgCO ₂ eq./kWh
Kg CO ₂	0.0597
Kg CO ₂	0.14308
Totales	0.20278
	KgNO _x eq./kWh (Residuos y Smog de Vapor)
NO ₂	0.162
NO _x	0.0356
Totales	0.1976

Tabla 4.5.- Balance del ICV en la Turbina de Ciclo Combinado

La tabla 4.6, presenta el balance total de la turbina de gas, en cuanto al CO₂ eq. Por cada kWh y los NO_x por cada Kwh.

	Kg CO₂ eq./kWh	Kg NO_x eq./kWh
Totales	0.20278	0.1976

Tabla 4.6.- Balance Total de la Turbina de Gas

Resultados del ECV para una Planta Solar Fotovoltaica Electricity, PV, at 3Kwp facade installation, multi- Si, panel, mounted /CH S', (Electricidad, FV, en la instalación de fachada 3kWp, multi-Si, el panel, montado / CH S)

En el anexo 2 se presenta el proceso y con estos resultados que se obtienen se permite identificar etapas del proceso que contribuyen sobre insumos energéticos requeridos y emisiones.

Esto debe profundizarse y crear bases de datos específicos así como analizar diferentes escenarios.

Por lo que de manera general, se encuentra que, para el caso de u que genera energía eléctrica en la planta de ciclo combinado, se analiza lo siguiente:

4.1.3.- Análisis de impacto ambiental de Energía Solar Fotovoltaica

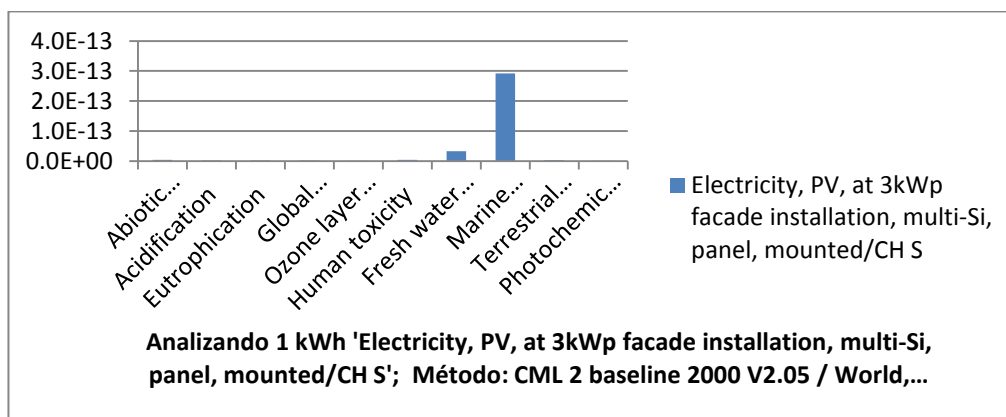


Figura 4.6.- Análisis de impacto de una planta de energía solar fotovoltaica (Fuente: SimaPro 7.3.3.)

En la gráfica 4.6 se analizó el impacto para la energía solar fotovoltaica de igual manera considerando la unidad funcional de 1 kWh, donde el valor más alto es de 2.9 E-13, siendo este valor muy insignificante el cual difícilmente pudiera afectar a la contaminación ambiental.

En la Tabla 4.7 se observan los datos obtenidos en el análisis de ciclo de vida de acuerdo al Sima Pro 7.3.3, donde se observan el impacto ambiental que se genera con una planta solar fotovoltaica, de acuerdo al método aplicado.

Etiqu.	Electricity, PV, at 3kWp facade installation, multi-Si, panel, mounted/CH 5
Abiotic depletion	4,2E-15
Acidification	1,37E-15
Eutrophication	2,14E-15
Global warming (GWP100)	2,24E-15
Ozone layer depletion (ODP)	3,79E-17
Human toxicity	3,85E-15
Fresh water aquatic ecotox.	3,3E-14
Marine aquatic ecotoxicity	2,91E-13
Terrestrial ecotoxicity	2,55E-15
Photochemical oxidation	2,97E-16

Tabla 4.7.- Impacto ambiental de una planta solar fotovoltaica (fuente: SimaPro 7.3.3)

4.1.3.1.- Impacto ambiental para planta solar fotovoltaica, excluyendo emisiones a largo plazo

En la figura 4.7 se observa que para una planta solar fotovoltaica donde se excluyen las emisiones a largo plazo son del orden de 1.34 E-14, valores que no afectan a la salud humana y al medio ambiente, el anexo 9 muestra los datos obtenidos en este análisis.

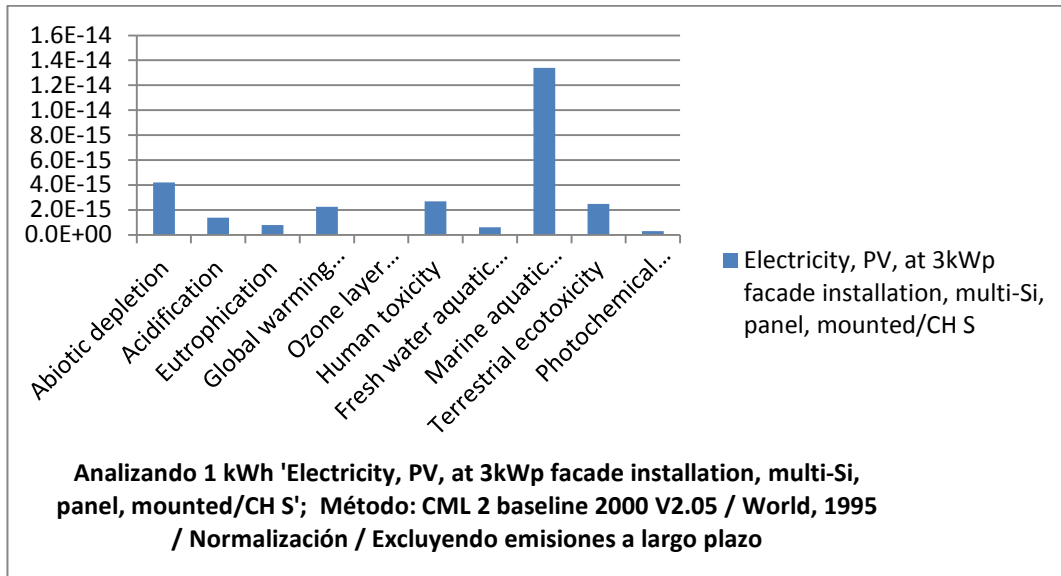


Figura 4.7.- Impacto ambiental de planta solar fotovoltaica excluyendo emisiones a largo plazo

4.2.- Análisis Comparativo de la ECV entre CC y FV

En la tabla 4.8 se muestran los datos del impacto ambiental que causan las plantas de ciclo combinado y la de energía solar fotovoltaica.

	Planta de ciclo combinado	Energía Solar Fotovoltaica
ICV	Calentamiento Global	Calentamiento Global
	Kg eq. CO₂/kWh	Kg eq. CO₂/kWh
Kg CO₂ eq.	0.20278	2.24E-15
Kg NO_x eq.	0.1976	
Total	0.40038	2.24E-15

Tabla 4.8.- Tabla de Comparativa de ECV entre Ciclo Combinado y Fotovoltaica

Como se observa, ambas tecnologías cumplen con el mínimo requerido de impacto ambiental de acuerdo a la norma ISO 14040; sin embargo para la planta de energía solar fotovoltaica es inapreciable el impacto ambiental en cuanto al calentamiento global tanto en Kg eq. CO₂ así como Kg. Eq NO_x. Así se comprueba que es mucho menos su impacto ambiental que la de una planta de ciclo combinado ya que, si se genera energía eléctrica directa a la red de distribución en una planeación de 25 a 30 años, dicho impacto no afectara al sistema mundial y ayudaría a detener el calentamiento global que tanto está afectando actualmente a nuestro planeta.

4.3. Análisis de Costo Beneficio para turbina de gas y Fotovoltaica

El procedimiento para obtener el análisis de costo beneficio de la planta de ciclo combinado operada por gas natural y la de una planta solar fotovoltaica, y hacer con ello el análisis comparativo, utilizando la hoja electrónica Excel de Microsoft, consiste de los siguientes pasos:

- 1.- Se fijan los ingresos y los gastos
- 2.- Se hacen los cálculos extrapolándose hasta los 25 años
- 3.- Se fija la tasa de actualización
- 4.- Se calcula el flujo de efectivo de Ingresos menos egresos
- 5.- Se determina la tasa de 0 hasta los 25 años
- 6.- Se obtienen los ingresos y egresos actualizados
- 7.- Se obtiene la relación B/C Beneficio – Costo, Ingresos/Egresos actualizados
- 8.- Se obtiene la TIR a través de la diferencia de flujo desde al año 0 hasta los 25 años
- 9.- VPN diferencia de ingresos y egresos actualizados

Los datos que se proporcionaron son en base a la generación de 250 MWh en la central de ciclo combinado y de Energía Solar sólo son 6 MWh; partiendo de ahí, los datos de la Central de Ciclo Combinado se igualaron a una reducción de 6 MWh para hacerse la comparación con la energía solar fotovoltaica, con los ajustes correspondientes. Se puede decir que esto no es posible ya que no existen plantas de ciclo combinados que generen 6 MWh, y como en el Estado de Sonora no se genera la suficiente energía solar es por eso que se realizan dichos ajustes.

4.3.1. Análisis de Costo Beneficio para Ciclo Combinado

En la tabla 4.9 se presenta el análisis de costo beneficio realizado con Excel Microsoft para una planta de ciclo combinado, con las consideraciones arriba mencionadas.

Proyecto de Analisis de Costo Beneficio para una Planta Ciclo Combinado generando 6 MW							
TASA DE ACTUALIZACIÓN		0,12					
Año j	Ingresos Bj	Gastos Cj	Flujo Bj - Cj	TASA=(1+0,12)^-n	Ingresos Actualizados	Egresos actualizados	
0	0	31511719	-31511719	1	0	31511719	
1	28481007	34662890,9	-6181883,9	0,89	25348096,23	30849972,9	
2	32753158,1	38129179,99	-5376021,94	0,8	26202526,44	30503343,99	
3	37666131,8	41942097,99	-4275966,232	0,71	26742953,55	29778889,57	
4	43316051,5	46136307,79	-2820256,267	0,64	27722272,97	29527236,98	
5	49813459,2	50749938,57	-936479,3174	0,57	28393671,77	28927464,98	
6	57285478,1	55824932,42	1460545,713	0,51	29215593,85	28470715,54	
7	65878299,9	61407425,67	4470874,191	0,45	29645234,94	27633341,55	
8	75760044,8	67548168,23	8211876,604	0,4	30304017,93	27019267,29	
9	87124051,6	74302985,06	12821066,51	0,36	31364658,56	26749074,62	
10	100192659	81733283,56	18459375,73	0,32	32061650,97	26154650,74	
11	115221558	89906611,92	25314946,27	0,29	33414251,87	26072917,46	
12	132504792	98897273,11	33607518,81	0,26	34451245,9	25713291,01	
13	152380511	108787000,4	43593510,29	0,23	35047517,46	25021010,1	
14	175237587	119665700,5	55571886,85	0,2	35047517,46	23933140,09	
15	201523225	131632270,5	69890954,9	0,18	36274180,57	23693808,69	
16	231751709	144795497,6	86956211,66	0,16	37080273,48	23167279,61	
17	266514466	159275047,3	107239418,3	0,15	39977169,84	23891257,1	
18	306491635	175202552	131289083,4	0,13	39843912,61	22776331,77	
19	352465381	192722807,3	159742573,5	0,12	42295845,69	23126736,87	
20	405335188	211995088	193340099,9	0,1	40533518,79	21199508,8	
21	466135466	233194596,8	232940869,3	0,09	41952191,94	20987513,71	
22	536055786	256514056,5	279541729,5	0,08	42884462,88	20521124,52	
23	616464154	282165462,1	334298691,8	0,07	43152490,77	19751582,35	
24	708933777	310382008,3	398551768,6	0,07	49625364,39	21726740,58	
25	815273843	341420209,1	473853634,3	0,06	48916430,61	20485212,55	
TOTALES	6060559420	3440505110	2620054309		887497051,5	659193132,4	

Tabla 4.9.- Base de datos para obtener el Costo Beneficio de una Central de Ciclo Combinado

Con esto se determina el VAN (Valor Actual Neto), la Relación Beneficio Costo y la TIR para una planta la central de ciclo combinado, que generaría la corriente eléctrica para abastecer de igual forma a la Red de Comisión Federal de Electricidad.

VAN	228303919
R B/C	1.35
TIR	24%

Tabla 4.10.- Resultados de una Central de Ciclo Combinado

En este caso vemos una relación de beneficio costo de un valor de 1.35 con lo que se observa que es muy positivo este valor para una Central de Ciclo Combinado.

En el capítulo de anexos se observan el comportamiento de ingresos y egresos para ciclo combinado, siendo ellos:

4.3.2 Análisis Costo Beneficio para planta solar fotovoltaica

En la tabla 4.9 se presentan los resultados obtenidos para el Análisis de Costo Beneficio para la planta solar fotovoltaica, siguiendo el mismo procedimiento que para una planta de ciclo combinado.

Proyecto de Analisis de Costo Beneficio para una Planta Fotovoltaica						
Generando 6 MW en el Estado de Sonora						
TASA DE ACTUALIZACIÓN		12%				
Año j	Ingresos Bj	Gastos Cj	Flujo de efectivo Bj-Cj	Tasa actualizada TASA=(1+,12)^-n	Ingresos actualizados	Egresos actualizados
0	0	14348127	-14348127	1	0	14348127
1	13921438,16	15782939,7	-1861501,54	0,892857143	12429855,5	14091910,45
2	16009653,88	17361233,67	-1351579,786	0,797193878	12762798,06	13840269,19
3	18411101,97	19097357,04	-686255,0704	0,711780248	13104658,72	13593121,52
4	21172767,26	21007092,74	165674,5209	0,635518078	13455676,36	13350387,21
5	24348682,35	23107802,01	1240880,336	0,567426856	13816096,27	13111987,44
6	28000984,7	25418582,22	2582402,487	0,506631121	14186170,27	12877844,81
7	32201132,41	27960440,44	4240691,971	0,452349215	14566156,98	12647883,29
8	37031302,27	30756484,48	6274817,789	0,403883228	14956321,9	12422028,23
9	42585997,61	33832132,93	8753864,681	0,360610025	15356937,66	12200206,3
10	48973897,25	37215346,22	11758551,03	0,321973237	15768284,21	11982345,47
11	56319981,84	40936880,85	15383101	0,287476104	16190648,96	11768375,02
12	64767979,12	45030568,93	19737410,19	0,256675093	16624327,06	11558225,47
13	74483175,98	49533625,82	24949550,16	0,22917419	17069621,53	11351828,58
14	85655652,38	54486988,4	31168663,98	0,204619813	17526843,54	11149117,36
15	98504000,24	59935687,25	38568312,99	0,182696261	17996312,56	10950025,98
16	113279600,3	65929255,97	47350344,3	0,163121662	18478356,65	10754489,8
17	130271540,3	72522181,57	57749358,75	0,145644341	18973312,63	10562445,34
18	149812271,4	79774399,72	70037871,64	0,13003959	19481526,36	10373830,24
19	172284112,1	87751839,7	84532272,37	0,116106777	20003352,96	10188583,27
20	198126728,9	96527023,67	101599705,2	0,103666765	20539157,06	10006644,29
21	227845738,2	106179726	121666012,2	0,092559612	21089313,05	9827954,21
22	262022598,9	116797698,6	145224900,3	0,08264251	21654205,37	9652455,027
23	301325988,8	128477468,5	172848520,3	0,073787956	22234228,72	9480089,759
24	346524887,1	141325215,3	205199671,8	0,065882103	22829788,42	9310802,442
25	398503620,2	155457736,9	243045883,3	0,058823307	23441300,61	9144538,113
TOTALES	2962384834	1566553836			434535251,4	300545515,8

Tabla 4.11.- Base de datos para obtener el Costo Beneficio de una Planta fotovoltaica

Fuente: Cálculos propios realizados para obtener el VAN, TIR y B/C

Con esto se determina el VAN (Valor Actual Neto), la TIR (la tasa Interna de Retorno) y la Relación Beneficio Costo para una planta solar fotovoltaica, que generaría la corriente eléctrica para abastecer la Red de Comisión Federal de Electricidad.

VAN	133989736
Relación Beneficio/costo	1,45
TIR	28%

Tabla 4.12.- Resultados para Planta Solar Fotovoltaica

Y con dicha base de datos se obtiene una relación beneficio/costo mayor a 1, siendo en este caso de 1.45, con lo que da una excelente relación de beneficio y demuestra una muestra de beneficio para los usuarios de la energía eléctrica. Ya que con la TIR obtenida da un concepto de una recuperación muy buena para el inversionista al ser mayor que la Tasa de Actualización y el VAN es mucho mayor que cero, (véase tabla 4.12).

Asimismo en el capítulo de anexos se observan el comportamiento de los ingresos y egresos de la solar fotovoltaica siendo los siguientes:

4.4.- Análisis Comparativo de Costo Beneficio, entre Ciclo Combinado vs. Fotovoltaica

La tabla 4.13 muestra la comparación del ACB aplicado a ambas tecnologías de producción de electricidad.

Cálculos Realizados	Ciclo combinado	Fotovoltaica
VAN	228303919	133989736
R B/C	1.35	1,45
TIR	24%	28%

Tabla 4.13.- Análisis comparativos de Costo Beneficio entre Solar Fotovoltaica y Ciclo Combinado

Una vez que se obtuvieron los resultados de lo que es el análisis de costo beneficio para una planta solar fotovoltaica contra una de ciclo combinado, se analizan los siguientes datos, considerando en condiciones iguales, es decir con respecto a la generación de 6 MW cada uno:

La Relación de B/C, se obtuvo para una planta solar fotovoltaica una relación de beneficio – costo es de 1.45 y la de una central de ciclo combinado es de 1.35, por lo que la ventaja la tiene la planta solar fotovoltaica.

Con esto se estableció el acuerdo con el mercado y en el cual se consideró alrededor del 12% la tasa de actualización y con esto se llevó a cabo los cálculos anualmente, obteniéndose así la base de datos para los 25 años. De ahí se calculan los ingresos actualizados y egresos actualizados.

Asimismo se obtuvo la TIR (Tasa Interna de Retorno): para la planta solar fotovoltaica se obtiene un valor del 28% contra una de 24% para una central de ciclo combinado. Mayor rentabilidad en el tiempo para la FV.

En lo que respecta al VAN (Valor Actual Neto), para la solar fotovoltaica es de \$133,989,736 y para una planta de ciclo combinado es de \$228,303.919. Aquí el valor actual neto es mucho mayor para un ciclo combinado que para una solar fotovoltaica.

Como el VAN es mucho mayor de una central de ciclo combinado que de una solar fotovoltaica, esto implica que el egreso monetario neto es mucho mayor para una central de ciclo combinado midiendo así los términos relativos a la rentabilidad de una inversión.

Con esto se define que una planta solar fotovoltaica es más rentable que una central de ciclo combinado a largo plazo.

CAPÍTULO 5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

MATRIZ COMPARATIVA DE LA ECV Y ACB ENTRE CC vs FV

En este capítulo se abordan los resultados del análisis comparativo de la aplicación de ambas herramientas (ECV y ACB) para las dos tecnologías de generación de electricidad (CC y FV).

5.1.-Análisis

Con estos resultados se obtienen datos comparativos con respecto a la R B/C, que es mayor que 1, siendo aceptable, una TIR mayor que la tasa de actualización y VAN mucho mayor a 0, siendo datos dentro del marco normativo y que se pueden considerar proyectos de inversión aceptables, entonces la pregunta es ¿Cuál es el real análisis comparativo entre estos dos casos?

Para esto se presenta la tabla 5.1 de comparaciones, de acuerdo a la evaluación de ciclo de vida (ECV) y el análisis de costo beneficio (ACB).

	Planta de ciclo combinado	Energía Solar Fotovoltaica
ICV Kg CO₂ eq.	0.20278	x1 = 2.24E-15
ICV Kg NO_x eq.	0.1976	
ICV Total	0.40038	2.24E-15
Relación Beneficio/ Costo	1.35	1.45
VAN	228303919	133989736
TIR	24%	28%

5.1.-Tabla de Matriz Comparativa Solar Fotovoltaica y Ciclo Combinado en base a 1 kWh.

Con respecto al Inventario del ciclo de vida (ICV), se tiene que una central de ciclo combinado arroja un valor de 0.40038 Kg de CO₂ por cada kWh, como balance total del impacto ambiental con respecto al calentamiento global y la solar fotovoltaica tiene un valor de 2.24E-15 de Kg CO₂ por cada kWh; un valor insignificante con respecto al de

ciclo combinado. En las centrales de ciclo combinado, el CO₂, no es capturado sino que se deja ir al ambiente, quizás porque lo consideran un valor muy pequeño y la solar fotovoltaica no produce CO₂ al ambiente.

Si bien es cierto que el gas natural no mata, si existe el problema que la cantidad de reserva de gas en un plazo de unos 70 años no vaya a existir lo suficiente para abastecer a la humanidad y que la luz solar siempre estará disponible para generar la energía eléctrica.

Ahora con respecto al costo beneficio, se tiene que, para un proyecto de esta naturaleza y proyectada a unos 25 años, la TIR es más alta para una planta de energía solar fotovoltaica que la de ciclo combinado. Lo mismo sucede con el VAN, que resulta mucho mayor para la solar fotovoltaica y lo importante de esto es que la relación Beneficio / Costo es mejor para la solar fotovoltaica De ahí que se pueda afirmar que una planta solar fotovoltaica es más redituable a largo plazo que una de ciclo combinado, por dos razones:

- 1.- En la energía solar fotovoltaica el impacto ambiental es inapreciable
- 2.- La relación beneficio costo es más alta que para la planta de ciclo combinado.

En México se dice que con la nueva ley energética las centrales de ciclo combinado con gas son la mejor opción, ya que se considera que el costo del gas natural en la actualidad está a precio muy bajo, como se demostró en la tabla 3.6; sin embargo, se observa que actualmente el precio del petróleo está bajando considerablemente y se especula que una de las razones para ello es que con las nuevas tecnologías para su extracción se puede competir con el precio del gas natural. Ante esa amenaza, hay que considerar que el impacto ambiental es más alto y de mayor riesgo que el de la energía solar fotovoltaica. En el modelo presentado la FV tiene un impacto ambiental inapreciable y costo beneficio mayor que el de ciclo combinado; aun cuando sea una inversión inicial más elevada, con el tiempo la recuperación es mayor. Por ello se recomienda el uso de energía fotovoltaica para la generación de energía eléctrica.

En base a esto se tiene, en la Tabla 5.2, la comparación de la cantidad que realmente arroja al medio ambiente el generar 250 MW tanto la CCC como la Planta FV. Se observa que los resultados reales, en cuanto al impacto ambiental, será del orden de 100.095 Kg eq de CO₂ por cada 250,000 kWh que se generan, esto para la turbina del ciclo combinado y para una solar fotovoltaica que genere los mismos kWh, serán entonces de 5.6 E-19 Kg eq de CO₂:

	Planta de ciclo combinado	Energía Solar Fotovoltaica
ICV Kg CO ₂ eq.	0.20278	x1 = 2.24E-15
ICV Kg NO _x eq.	0.1976	
Total	0.40038/kWh	2.24E-15/kWh
250 MW	100.095	5.6E-19

5.2.- Tabla de Matriz Comparativa Solar Fotovoltaica y Ciclo Combinado a 250 MW

En cuanto al Análisis del Costo Beneficio, la diferencia para hacer el estudio de una CC vs FV era disparateo ya que se tienen datos para generar 250 MW de CC y solo 6 MW de Fotovoltaica; por ello, se nivelaron los datos a 6 MW ya que no se tiene un crecimiento lineal para extrapolar hacia arriba, y con esto se logran resultados satisfactorios ya puestos en práctica. El análisis de costo beneficio será en el mismo sentido que lo logrado.

5.2.- Discusión final

Una vez realizado el análisis de los resultados y donde se demuestra que la generación de energía eléctrica a través de plantas de energía solar fotovoltaica es más recomendable, se discute la pregunta.

1.- ¿Cumple con los objetivos planteados en este trabajo?

En este estudio se planteó realizar un análisis que permitiera comparar, a través de la evaluación del ciclo de vida y el análisis de costo beneficio, la factibilidad para una planta de ciclo combinado y una planta solar fotovoltaica que generan energía eléctrica y que se

abastece a través de la red a todo el país de México y en particular se habla del Estado de Sonora.

Bien, como actualmente se tiene un problema a nivel mundial que es el calentamiento global que ha sido originado fundamentalmente por el uso de combustibles fósiles que han contaminado al planeta, resulta relevante estudiar los impactos de las tecnologías buscando coadyuvar a mitigar ese calentamiento global.

2.- ¿Este trabajo cumple con el propósito de investigación de innovación exploratoria?

La innovación es algo que se formula partiendo de lo ya existente con el propósito de mejorar, actualizar y apoyar en la solución de problemas existentes. En este caso se aborda con herramientas de planeación estratégica, la problemática asociada al uso de energéticos altamente contaminantes y que están provocando un alto impacto ambiental.

Por lo tanto en la generación de energía eléctrica se utilizó la evaluación de ciclo de vida, estudio que en México tiene muy poca aplicación y que es necesario que se amplíe su uso para conocer los impactos ambientales de la generación de energía eléctrica y de otros procesos que afecten al calentamiento global.

Como se demostró que en la evaluación del ciclo de vida para generación de electricidad es mejor la solar fotovoltaica, la cual es poco utilizada en México, el presente estudio es importante para impulsar una mayor generación con esta tecnología. Se puede argumentar que el uso de paneles fotovoltaico resulta más caro que implementar una planta de ciclo combinado; sin embargo, con el análisis de costo beneficio se determinó que, a largo plazo, se obtienen mayores beneficios económicos y sociales tanto para los que generan la energía así como los consumidores finales como es en este caso la población del Estado de Sonora y de país México.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La aplicación de los métodos para la evaluación del ciclo de vida y el análisis de costo beneficio, tiene una suma importancia consideradas de la siguiente manera:

1.- Evaluación de Ciclo de Vida (ECV).

Hoy en día con el problema existente del calentamiento global que está afectando enormemente al cambio climático que nos está agobiando teniendo sus efectos en la salud del ser humano siendo de suma importancia el uso de esta evaluación a través del software SimaPro, que es una herramienta de gestión medioambiental cuya finalidad es analizar de forma objetiva, metódica, sistemática y científica, el impacto ambiental originado por un proceso/producto durante su ciclo de vida completo. Dicha evaluación se tienen en cuenta en las etapas de extracción y procesado de las materias primas, producción, transporte, distribución, uso, reutilización, mantenimiento, reciclado y disposición final, por lo que esta aplicación en la generación de energía eléctrica nos permitió conocer que afecta más al calentamiento global en el usos de plantas de ciclo combinados y de solar fotovoltaicas, considerándose de extremada importancia ya que nos ayuda a conocer la sustentabilidad de ambos procesos y cual es de menor riesgo para la salud.

2.- Analisis de Costo Beneficio (ACB)

En este apartado se concluye que de conocer el grado de impacto ambiental que generan los procesos tratados en el presente trabajo, es también importante saber qué beneficios acarrear en la generación de energía eléctrica y si los beneficiarios finales que en estos casos son la población en general, tendrán el beneficio de obtener energía eléctrica de menor costo y con mucho menor riesgo para la salud.

El análisis de costo beneficio tiene la importancia de conocer a través de ello, que en los procesos de ciclo combinado y solar fotovoltaica, para realizar sus operaciones cuál de ellas tiene una mejor tasa de retorno, un mejor valor presente neto, así como la relación de beneficio-costos, sea la mejor opción entre ellas.

Con esto se conoce la importancia de elegir y/o decidir por el mejor proyecto que al hacer la planeación estratégica a largo plazo puede ser 20 a 25 años y nos apoya en la decisión final.

Una vez que se realizaron dichos estudios se plasma en el presente documento la importancia de recomendar la mejor opción.

Por lo que los resultados obtenidos se pueden considerar válidos sólo en relación a los supuestos iniciales sobre las características y la configuración de las plantas:

- Cuando las plantas ocupan la misma área total, la producción de electricidad de la instalación fotovoltaica es mayor que la de la planta de CC durante su primer año de funcionamiento y también al final de su ciclo de vida.
- En la energía solar fotovoltaica el impacto ambiental es inapreciable en su ECV
- Y la relación beneficio costo es más alta que la planta de ciclo combinado, de acuerdo al ACB.
- En cuanto a la turbina del ciclo combinado, si bien es cierto su impacto ambiental obtenido en el ECV, está dentro de los parámetros permitidos por las ISO's 14040 y Semarnap en México, se considera que los derivados del nitrógeno y del metano, causarán en el lapso de 25 años, impacto ambiental que afectará al calentamiento global.
- Por lo pronto se pueden considerar dentro de energías sostenibles las dos plantas, tanto la turbina del CC y la energía generada por FV

Se debe considerar este trabajo de investigación como de innovación tecnológica exploratoria, y es de suma importancia el haberse realizado este trabajo, ya que se conocen la importancia y el reconocimiento de saber que afecta más al efecto climático de los dos casos que se investigaron y que tanto la SENER, como la Comisión Federal de Electricidad (CFE) deben tomar en cuenta este tipo de resultados para que se corrijan los problemas ambientales que se están ocasionando con la generación de energía eléctrica

con respecto a energías no renovables y que se deben considerar las energías renovables, para tal efecto.

Recomendaciones

Una recomendación importante es el hecho de realizar más estudios al respecto. En este caso se aplicó a lo que es la generación de energía eléctrica en cuanto la Evaluación del Ciclo de Vida (ECV); sin embargo, este tipo de evaluaciones se pueden realizar en cualquier material o producto ya que nos ayuda a conocer que tan sostenibles pueden ser y que tanto impacto provoca en el ambiente.

Por otro lado aparte del Excel de Microsoft se recomienda la utilización de algún otro software que apoye a cualquier inversionista para conocer los estudios de análisis de costo beneficio y conocer la importancia de ello, ya que con este conocimiento se conoce la rentabilidad de cualquier proyecto.

Además este tipo de estudios se pueden complementar con evaluaciones tanto de impactos ambientales (EIA) como evaluaciones de impacto a la salud (EIS), ya que se requiere hacer consideraciones de los efectos que puedan tener con la salud.

También se recomienda hacer estudios sustentables que analicen la sostenibilidad, el desarrollo y la capacidad finita que lo definen para que se hagan con esto cadenas de suministros viéndose desde el punto de vista ambiental, económico y social.

Referencias

- ABC, D. (2007). <http://www.definicionabc.com>. (ACERCA, Editor) Recuperado el 07 de Mayo del 2013, de <http://www.definicionabc.com/ciencia/energia.php>
- Agrawal, B., & Tiwari, G. N. (2010). Life cycle cost assessment of building integrated photovoltaic thermal (BIPVT) systems. *Energy and Buildings*, 42(9), 1472-1481. doi: 10.1016/j.enbuild.2010.03.017
- Allen, D. T. & Shonnard, D. R. (2002). *Green engineering : environmentally conscious design of chemical processes*. Upper saddle river, new jersey: Prentice Hall PTR.
- Ambiental, I. S. (2009). Analisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono. *IHOBE S.A. Sociedad Pública de Gestión Ambiental*, 14-17
- Ameli, N., & Kammen, D. M. (2012). Clean energy deployment: addressing financing cost. *Environmental Research Letters*, 7(3). doi: 10.1088/1748-9326/7/3/034008
- Análisis de ciclo de vida y huella de carbono: *dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto* (2009). España: Ihobe. Disponible en: [http://www.euresp-plus.net/sites/default/files/resource/Analisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono.pdf](http://www.euresp-plus.net/sites/default/files/resource/Analisis%20de%20Ciclo%20de%20Vida%20y%20Huella%20de%20Carbono.pdf)
- Andrews, J. & Shabani, B. (2012). Dimensionless analysis of the global techno-economic feasibility of solar-hydrogen systems for constant year-round power supply. *International Journal of Hydrogen Energy*, 37(1), 6-18. doi: 10.1016/j.ijhydene.2011.09.102
- Andrei, P. C. (2011). Simulation results of life-cycle assessment of 30 kwp pv system installed at university politecnica of bucharos Romania [Resultados de Simulación de Evaluación del Ciclo de Vida de 30 kWp Instalado en la Universidad Politécnica de Bucarest Rumania]. *Scientific Bulletin of the Electrical Engineering Faculty*, 11(3(17)).
- Arent, D. J., Wise, A., & Gelman, R. (2011). The status and prospects of renewable energy for combating global warming. *Energy Economics*, 33(4), 584-593. doi: 10.1016/j.eneco.2010.11.003

- Arrégle, J. (depósito legal 2002). Plantas de potencia de ciclo combinado. *Procesos y tecnología de máquinas y motores térmicos* (Lección 9), 227.
- Arvesen, A., & Hertwich, E. G. (2012). Assessing the life cycle environmental impacts of wind power: A review of present knowledge and research needs. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 16(8). doi: 10.1016/j.rser.2012.06.023
- Authority, C. A. (Noviembre de 2007). *Cost Benefit Analysis Methodology Procedures Manual*. Procedures Manual, Australian Government, Australian.
- Avril, S., Mansilla, C., & Lemaire, T. (2012). Solar energy support in the Asia-Pacific region. *Progress in Photovoltaics*, 20(6). doi: 10.1002/pip.1248
- Badran, O., Mamlook, R., & Abdulhadi, E. (2012). Toward clean environment: evaluation of solar electric power technologies using fuzzy logic. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 14(2), 357-367. doi: 10.1007/s10098-011-0407-8
- Baglioni, A., & Colombo, L. (2013). The efficiency view of corporate boards: theory and evidence. *Applied Economics*, 45(4). doi: 10.1080/00036846.2011.605764
- Banoni, V. A., Arnone, A., Fondeur, M., Hodge, A., Offner, J. P., & Phillips, J. K. (2012). The place of solar power: an economic analysis of concentrated and distributed solar power. *Chemistry Central Journal*, 6. doi: 10.1186/1752-153x-6-s1-s6
- Barigozzi, G., Bonetti, G., Franchini, G., Perdichizzi, A., & Ravelli, S. (2012). Thermal performance prediction of a solar hybrid gas turbine. *Solar Energy*, 86(7). doi: 10.1016/j.solener.2012.04.014
- BeneckeGE,(2008). Success factors for the effective implementation of renewable energy options for rural electrification in India–Potentials of the Clean Development Mechanism. *International Journal of Energy Research* 2008; 32(12):1066–1079.ativa de generación de Energía.

- Benítez, A. S. (2001). El Análisis de Ciclo de Vida: Elemento clave para la adecuada gestión de residuos. *Conacyt*, 15.
- Bhandari, R. & Stadler, I. (2011). Electrification using solar photovoltaic systems in Nepal. *Applied Energy*, 88(2), 458-465. doi: 10.1016/j.apenergy.2009.11.029
- Bond, A. y J. Pope (2012), "The State of the Art of Impact Assessment in 2012", *Impact Assessment and Project Appraisal*, 30 (1), pp. 1-4.
- Boyd, S. B., Horvath, A., & Dornfeld, D. A. (2010). Life-cycle assessment of computational logic produced from 1995 through 2010. *Environmental Research Letters*, 5(1). doi: 10.1088/1748-9326/5/1/014011
- Brugger Jakob, S. I., Dávila Moreno, M. E., & Lamas Galván, M. F. (2011). Problemática institucional de las energías renovables en México. *Olafinanciera.unam.mx*, Nueva Época, año 4, núm 10, 133 - 178.
- Buitenhuis, A. J., & Pearce, J. M. (2012). Open-source development of solar photovoltaic technology. *Energy for Sustainable Development*, 16(3), 379-388. doi: 10.1016/j.esd.2012.06.006
- Burkhardt, J. J., Heath, G., & Cohen, E. (2012). Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Trough and Tower Concentrating Solar Power Electricity Generation. *Journal of Industrial Ecology*, 16, S93-S109. doi: 10.1111/j.1530-9290.2012.00474.x
- Burkhardt, J. J., Heath, G., Turchi, C., & Asme. (2010). LIFE CYCLE ASSESSMENT OF A MODEL PARABOLIC TROUGH CONCENTRATING SOLAR POWER PLANT WITH THERMAL ENERGY STORAGE. *Es2010: Proceedings of Asme 4th International Conference on Energy Sustainability*, Vol 2, 599-608.
- Burkhardt, J. J., Heath, G. A., & Turchi, C. S. (2011). Life Cycle Assessment of a Parabolic Trough Concentrating Solar Power Plant and the Impacts of Key Design Alternatives. *Environmental Science & Technology*, 45(6), 2457-2464. doi: 10.1021/es1033266

Caldeira-Pires Armando, R. d. (2003). LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) OF A GAS TURBINE POWER PLANT. *17th International Congress of Mechanical Engineering, COBEM2003 - 0588*, págs. 12. Sao Pablo, SP.

Carson, R. (1962), *Silent Spring*, Boston, Houghton Mifflin Company.

Cedeño, G. (2015). Evaluación de los Impactos en la salud. *Programa de Liderazgo Aplicado a Energías Renovables* (pág. 44). Hermosillo, Sonora: CANVAS

Cengel, Y. A. (2011). Energy efficiency as an inexhaustible energy resource with perspectives from the U.S. and Turkey. *International Journal of Energy Research*, 35(2), 153-161. doi: 10.1002/er.1761

Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente (2013). *Análisis de ciclo de vida de casos de estudio de futuras centrales eléctricas en México*. México, D.F. [fecha de consulta: 15 Mayo 2014]. Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente: Desarrollo sustentable. Disponible en: <http://centromariomolina.org/desarrollo-sustentable/analisis-de-ciclo-de-vida-de-casos-de-estudio-de-futuras-centrales-electricas-en-mexico/>

CFE, (2012). *PROGRAMA DE OBRAS E INVERSIONES DEL SECTOR ELÉCTRICO POISE, 2012-2026*. Comisión Federal de Electricidad (CFE), Subdirección de Programación. México, D.F.

Chatterjee, A., Bernal, E., Seshadri, S., Mayer, O., & Greaves, M. (2011). Linear Fresnel Reflector based Solar Radiation Concentrator for Combined Heating and Power. In F. Dimroth, S. Kurtz, G. Sala & A. W. Bett (Eds.), *7th International Conference on Concentrating Photovoltaic Systems* (Vol. 1407).

Chien, J. C. L., & Lior, N. (2011). Concentrating solar thermal power as a viable alternative in China's electricity supply. *Energy Policy*, 39(12), 7622-7636. doi: 10.1016/j.enpol.2011.08.034

Colmex (2011), *Desarrollo de indicadores ambientales a nivel local para la evaluación de impacto ambiental: Caso Distrito Federal. Informe final*, México.

Consoli et al., (1993), Guidelines for Life Cycle Assessment: A “Code of Practice”.

SETAC, Brussels, Belgium.

Contreras, M. A., Mansfield, L. M., Egaas, B., Li, J., Romero, M., Noufi, R., . . .

Mannstadt, W. (2012). Wide bandgap Cu(In,Ga)Se-2 solar cells with improved energy conversion efficiency. *Progress in Photovoltaics*, 20(7). doi: 10.1002/pip.2244

Daniel, J., Vivar, M., Suganthi, L., Iniyar, S., & Skryabin, I. (2012). ON THE ECONOMICS OF CHAPS SYSTEM BASED ON THE PHOTOVOLTAIC LINEAR CONCENTRATORS IN INDIA. *International Journal of Green Energy*, 9(4), 335-351. doi: 10.1080/15435075.2011.621478

de Arce, R., Mahia, R., Medina, E., & Escribano, G. (2012). A simulation of the economic impact of renewable energy development in Morocco. *Energy Policy*, 46. doi: 10.1016/j.enpol.2012.03.068

De Schepper, E. Van Passel, S. Manca, J. & Thewys, T. (2012) Combining photovoltaics and sound barriers - A feasibility study. *Renewable Energy*, 46, 297-303. doi: 10.1016/j.renene.2012.03.022

Deshmukh, R., Bharvirkar, R., Gambhir, A., & Phadke, A. (2012). Changing Sunshine: Analyzing the dynamics of solar electricity policies in the global context. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 16(7) doi: 10.1016/j.rser.2012.04.020

Desideri, U., Proietti, S., Zepparelli, F., Sdringola, P., & Bini, S. (2012). Life Cycle Assessment of a ground-mounted 1778 kW(p) photovoltaic plant and comparison with traditional energy production systems. *Applied Energy* 97, 930-943 doi: 10.1016/j.apenergy.2012.01.055

Diamond, J., (2005). *Collpase: How Societies Choose to Fail or Succeed*. United States: Viking Press.

Díaz García, F., & Silveira Martínez, Y. (1999). Costo-beneficio del tratamiento de la litiasis vesical por el método endoscópico versus cistolitotomía. *Medisan*, 3(3), 37-40.

- Dinca, C., Badea, A., & Apóstol, T. (2010). Life cycle impact assessment of fossil fuels [Ciclo de Vida de Evaluación del Impacto de Los Combustibles Fósiles]. *Scientific bulletin, serie C*, 71(1).
- Dixon, J. A., & Kelty-Stephen, D. G. (2012). Multi-scale interactions in Dictyostelium discoideum aggregation. *Physica a-Statistical Mechanics and Its Applications*, 391(24). doi: 10.1016/j.physa.2012.07.001
- Doty, G. N., McCree, D. L., Doty, J. M., Doty, F. D., & Asme. (2010). DEPLOYMENT PROSPECTS FOR PROPOSED SUSTAINABLE ENERGY ALTERNATIVES IN 2020.
- Dudley, R. W. (2006). How Well Does the Government Do Cost-Benefit Analysis? *J O I N T C E N T E R A E I - B R O O K I N G S J O I N T C E N T E R F O R R E G U L A T O R Y S T U D I E S*, 36.
- Durlinger, B., Reinders, A., & Toxopeus, M. (2012). A comparative life cycle analysis of low power PV lighting products for rural areas in South East Asia. *Renewable Energy*, 41, 96-104. doi: 10.1016/j.renene.2011.10.006
- Electrica, U. A. (2001). <http://www.unesa.es>. (C. U. Eléctrica, Editor) Recuperado el 04 de Marzo de 2013, de <http://www.unesa.es/sector-electrico/funcionamiento-de-las-centrales-electricas/1343-central-ciclo-combinado>.
- elpais.com (2010); España supera a EE UU como líder mundial en energía termosolar. La planta de La Florida eleva el total de potencia instalada a 432 megawatios, El País, Efe, 12/7/2010
- Fausto Cavallaro. (2010). A comparative assessment of thin-film photovoltaic production processes. (j. h. www.elsevier.com/locate/enpol, Ed.) *Energy Policy*(38), 463-474.
- Fátima Casas Villar del Saz, E. L. (s.f.). (2013) PLAN DE NEGOCIO: PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA. *UAB*, 50.
- Fernández, I. y Robles, A.R. (s/f) *Centrales de generación de energía eléctrica: unidad didáctica 4: centrales térmicas*. España: Universidad de Cantabria.

- Finn, J., Wagner, J., & Bassily, H. (2010). Monitoring strategies for a combined cycle electric power generator. *Applied Energy*, 87(8). doi: 10.1016/j.apenergy.2010.02.017
- Fondos estructurales - FEDER, F. d. (2003). *Guía del análisis costes-beneficios de los proyectos de inversión*. Elaborado para la Unidad responsable de la evaluación DG Política Regional Comisión Europea, España.
- GDF. (2008), *Gaceta Oficial del Distrito Federal 12-06-2008, N 354*, disponible en: www.ordenjuridico.gob.mx [fecha de consulta: 28 de abril de 2012].
- Gallagher, Kelly Sims, (2013), vol. 142, N° 1, Páginas 59-77, *¿Por qué y cómo los Gobiernos apoyan la energía renovable?*. Publicado en línea 2 enero de 2013. (Doi: 10.1162/DAED_a_00185).
- Gallardo, J. R. P., Astier, S., Azzaro-Pantel, C., Pibouleau, L., & Domenech, S. (2011). Multiobjective Optimization of Large Scale Photovoltaic (PV) Systems Design: Technico-Economic and Life-Cycle Assessment Considerations. In J. J. Klemes, P. S. Varbanov & H. L. Lam (Eds.), *Pres 2011: 14th International Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction*, Pts 1 and 2 (Vol. 25, pp. 483-488).
- García, R. (2006), *Sistemas complejos: Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*, Barcelona, Gedisa.
- G. Cerri (1987). "Parametric Analysis of Combined Gas-Steam Cycles". *Trans. ASME, J. of Eng. For GT. And P.* 109(1): 46-54.
- Gaul, C., & Carley, S. (2012). Solar set asides and renewable electricity certificates: Early lessons from North Carolina's experience with its renewable portfolio standard. *Energy Policy*, 48. doi: 10.1016/j.enpol.2012.05.043
- Georgakellos, D. A. (2012). Climate change external cost appraisal of electricity generation systems from a life cycle perspective: the case of Greece. *Journal of Cleaner Production*, 32. doi: 10.1016/j.jclepro.2012.03.030

- Ghezel-Ayagh, H., Sanderson, R., Hunt, J., Walzak, J., & Patel, D. (2011). Combined Electric Power and Carbon-Dioxide Separation (CEPACS) Technology. *Fuel Cell Seminar 2010*, 30(1). doi: 10.1149/1.3562480
- Glykas, A., Papaioannou, G., & Perissakis, S. (2010). Application and cost-benefit analysis of solar hybrid power installation on merchant marine vessels. *Ocean Engineering*, 37(7), 592-602. doi: 10.1016/j.oceaneng.2010.01.019
- Goedkoop, M., Schryver A. de., Oele, M., Durksz, S. y Roest, D. de (2010). *Introduction to LCA with SimaPro 7*. PRé Consultants: USA.
- H.H. Finckh, H. Pfof (1992). "Development Potential of Combined Cycle (GUD) Power Plants with and without Supplementary Firing". *Trans. ASME, J. of Eng. For GT. And P.*, 114 (4): 653-659.
- Han, J., Elgowainy, A., Wang, M., & Asme. (2010). FUEL-CYCLE ANALYSIS OF FUEL CELLS FOR COMBINED HEAT, HYDROGEN, AND POWER GENERATION.
- Hao, J., & Zhang, M. (2011). HEMISPHERIC HELICITY TREND FOR SOLAR CYCLE 24. *Astrophysical Journal Letters*, 733(2). doi: 10.1088/2041-8205/733/2/127
- Harder, E., & Gibson, J. M. (2011). The costs and benefits of large-scale solar photovoltaic power production in Abu Dhabi, United Arab Emirates. *Renewable Energy*, 36(2), 789-796. doi: 10.1016/j.renene.2010.08.006
- Hatice Sengül, T. L. (21 de septiembre de 2010). An environmental impact assessment of quantum dot photovoltaics (QDPV). (j. h. locate/jclepro, Ed.) *Journal of Cleaner Production*(19), 21-31.
- H. Nezammahalleh, F. F. (04 de Julio de 2010). Conceptual design and techno-economic assessment of integrated solar combined cycle system with DSG technology. (S. Direct, Ed.) *Solar Energy*(84), 1696-1705.

- Hennig, C., & Gawor, M. (2012). Bioenergy production and use: Comparative analysis of the economic and environmental effects. *Energy Conversion and Management*, 63. doi: 10.1016/j.enconman.2012.03.031
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Heo E, Kim J, Boo KJ (2010). Analysis of the assessment factors for renewable energy dissemination program evaluation using fuzzy AHP. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; 14(8):2214–2220.
- Holland, A. R. (05 de june de 2008). Environmental Assessment Framework for Policy Applications: Life Cycle Assessment, External Costs and Multicriteria Analysis. *Journal of Environmental Planning and Management*(DOI: 10.1080/09640560701712275), 81-105.
- J. H. Horlock (1992). *Combined Power Plants*. 1st edition. Oxford: Pergamon Press.
- <http://www.gasnaturalfenosa.es/es/conocenos/compromiso+y+sostenibilidad/cambio+climatico/energias+responsables/1297101993224/ciclos+combinados.html>, (s.f.). Recuperado el 15 de 05 de 2014, de Gas Natural Fenosa: www.gasnaturalfenosa.es
- IAIA (2007), *eia Follow-Up. International Best Practice Principles, Special Publication Series N6*, disponible en: www.iaia.org [fecha de consulta: 22 de abril de 2012].
- _____ (2009), *What is Impact Assessment?*, disponible en: www.iaia.org [fecha de consulta: 22 de abril de 2012].
- ine-Semarnap (1997), *Avances en el desarrollo de indicadores para la evaluación del desempeño ambiental en México*, disponible en: www.ine.gob.mx/indicadores/espanol/portada.htm [fecha de consulta: 20 de marzo de 2010].
- _____ (2000a), *Evaluación del desempeño ambiental: Reporte 2000*, México, Semarnap.

- _____ (2000b), *La evaluación del impacto ambiental: Logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000*, México, Semarnap.
- Inmaculada Fernández Diego, A. R. (Creative Commons 3.0 BY-NC-SA). *Centrales de Generación de Energía Eléctrica*. Cantabria: Universidad de Cantabria.
- IRENA. (junio de 2012). RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES: COST ANALYSIS SERIES. (IRENA, Ed.) *International Renewable Energy Agency, Volume 1: Power Sector*(Issue 4/5), 5,7,8,9.
- Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental, (2009) *Análisis de ciclo de vida y huella de carbono: dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto*, ed. Ihobe S.A. Gobierno Vasco España:
- Jean Arregle, (2002), Editorial de la UPV, *Procesos y tecnología de máquinas y motores térmicos* - Página 227 Google books
- Jing, Y. Y., Bai, H., Wang, J. J., & Liu, L. (2012). Life cycle assessment of a solar combined cooling heating and power system in different operation strategies. *Applied Energy*, 92, 843-853. doi: 10.1016/j.apenergy.2011.08.046
- Joshua Pearce (2002), "*Photovoltaics - A Path to Sustainable Futures*", *Futures* **34** (7), 663-674
- Jose Antonio Carta Gonzalez, R. C.-A. (2012). En M. M. Romo (Ed.), *Centrales de Energías Renovables: Generación eléctrica con energías renovables* (2a ed., págs. 142,143,144, 764,765). Madrid (España), España: PEARSON.
- Kabir, M. R., & Kumar, A. (2012). Comparison of the energy and environmental performances of nine biomass/coal co-firing pathways. *Bioresource Technology*, 124. doi: 10.1016/j.biortech.2012.07.106
- Kalina, J. (2011). Integrated biomass gasification combined cycle distributed generation plant with reciprocating gas engine and ORC. *Applied Thermal Engineering*, 31(14-15). doi: 10.1016/j.applthermaleng.2011.05.008
- Kalina, J. (2012). FOSSIL FUEL SAVINGS, CARBON EMISSION REDUCTION AND

ECONOMIC ATTRACTIVENESS OF MEDIUM-SCALE INTEGRATED BIOMASS GASIFICATION COMBINED CYCLE CO-GENERATION PLANTS. *Thermal Science*, 16(3). doi: 10.2298/tsci120126124k

Kalina, J., & Asme. (2010). INTEGRATED BIOMASS GASIFICATION SMALL-SCALE COMBINED CYCLE DISTRIBUTED GENERATION PLANT WITH MICROTURBINE AND ORC. *Es2010: Proceedings of Asme 4th International Conference on Energy Sustainability*, Vol 1.

Kawajiri, K., & Genchi, Y. (2012). The Right Place for the Right Job in the Photovoltaic Life Cycle. *Environmental Science & Technology*, 46(13). doi: 10.1021/es204704y

Kamalan, P. A. (06 de agosto de 2013). Economical – environmental evaluation of natural gas and renewable energy systems. (W. O. (wileyonlinelibrary.com), Ed.) *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH*(37), 12.

Kanniappan P, Ramachandran T (1998). Optimization model for energy generation from agricultural residue. *International Journal of Energy Research* 1998; 22(3): 1121–1132

Kikuchi R, Gerardo R (2009), Santos SM. Energy lifecycle assessment and environmental impacts of ethanol biofuel. *International Journal of Energy Research* 2009; 33(2):186–193.

Koroneos, C. J., Piperidis, S. A., Tatatzikidis, C. A., & Rovas, D. C. (2008). Life Cycle Assessment of a Solar Thermal Concentrating System. *Computing and Computational Techniques in Sciences*, 209-217.

Kosmadakis, G., Manolakos, D., & Papadakis, G. (2011). Simulation and economic analysis of a CPV/thermal system coupled with an organic Rankine cycle for increased power generation. *Solar Energy*, 85(2). doi: 10.1016/j.solener.2010.11.019

Laing, D., Steinmann, W. D., Viebahn, P., Grater, F., & Bahl, C. (2010). Economic Analysis and Life Cycle Assessment of Concrete Thermal Energy Storage for

Parabolic Trough Power Plants. *Journal of Solar Energy Engineering-Transactions of the Asme*, 132(4). doi: 10.1115/1.4001404

Laleman, R., Albrecht, J., & Dewulf, J. (2011a). Life Cycle Analysis to estimate the environmental impact of residential photovoltaic systems in regions with a low solar irradiation. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 267-281. doi: 10.1016/j.rser.2010.09.025

Laleman, R., Albrecht, J., & Dewulf, J. (2011b). Life Cycle Analysis to estimate the environmental impact of residential photovoltaic systems in regions with a low solar irradiation. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 267-281. doi: 10.1016/j.rser.2010.09.025

Lawn, C. J. (2009). Technologies for tomorrow's electric power generation. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C-Journal of Mechanical Engineering Science*, 223(12), 2717-2742. doi: 10.1243/09544062jmes1512

Lechon, Y., de la Rúa, C., & Saez, R. (2008a). Life cycle environmental impacts of electricity production by solarthermal power plants in Spain. *Journal of Solar Energy Engineering-Transactions of the Asme*, 130(2). doi: 10.1115/1.2888754

Lee, D.-H. (2012). Toward the clean production of hydrogen: Competition among renewable energy sources and nuclear power. *International Journal of Hydrogen Energy*, 37(20). doi: 10.1016/j.ijhydene.2012.04.124

Leff, H. S. (2012). Thermodynamics of combined-cycle electric power plants. *American Journal of Physics*, 80(6). doi: 10.1119/1.3694034

Life Cycle Assessment of Electricity Generation. *Renewables action plan I part of the Eurelectric resap series*[Análisis del Ciclo de Vida de la Generación Eléctrica. Renovables plan de acción. I parte de la serie RESAP Eurelectric].

Li, T. Z., Lu, H. W., Jiang, C. A., Hou, L. A., & Zhang, X. (2011). Application and design of solar photovoltaic system. In C. Ye, Z. L. Wang & B. Zhou (Eds.), *3rd International Photonics and Optoelectronics Meetings (Vol. 276)*.

- Liu, C. H., Lin, S. J., & Lewis, C. (2012). Environmental Impacts of Electricity Sector in Taiwan by Using Input-Output Life Cycle Assessment: The Role of Carbon Dioxide Emissions. *Aerosol and Air Quality Research*, 12(5). doi: 10.4209/aaqr.2012.04.0090
- Manzolini, G., Bellarmino, M., Macchi, E., & Silva, P. (2011). Solar thermodynamic plants for cogenerative industrial applications in southern Europe. *Renewable Energy*, 36(1), 235-243. doi: 10.1016/j.renene.2010.06.026
- Manual sobre energía renovable, (Septiembre de 2002). *Solar Fotovoltaica. FOCER*(621.47), 48.
- Matsuda, T., Yano, J., Hirai, Y., & Sakai, S.-i. (2012). Life-cycle greenhouse gas inventory analysis of household waste management and food waste reduction activities in Kyoto, Japan. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 17(6). doi: 10.1007/s11367-012-0400-4
- Mazouzi, D., Delpuech, N., Oumellal, Y., Gauthier, M., Cerbelaud, M., Gaubicher, J., . . . Lestriez, B. (2012). New insights into the silicon-based electrode's irreversibility along cycle life through simple gravimetric method. *Journal of Power Sources*, 220.
- Mendoza, J. (2002). Análisis del diseño termodinámico de centrales eléctricas de ciclo combinado. (Tesis de Licenciado en Ingeniería Mecánico-Eléctrica) Facultad de Ingeniería. Universidad de Piura, Perú. Disponible en: <http://pirhua.udep.edu.pe/handle/123456789/1449>
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (2013). Proyecto Ciclo Combinado Termogas Machala. CELEC Ecuador (CUP: 14421.0000.0000.372805), 63.
- Mitavachan, H., & Srinivasan, J. (2012a). Is land really a constraint for the utilization of solar energy in India? *Current Science*, 103(2).
- Mondal, M. A. H., & Islam, A. (2012). Impacts of CO₂ emission constraints on penetration of solar PV in the Bangladesh power sector. *Renewable Energy*, 43, 418-422. doi: 10.1016/j.renene.2011.12.019

- Monsalve, J. (2014). <http://teoriafinancieraiush.blogspot.mx/>. Recuperado el 01 de Diciembre de 2014, de www.inei.gob.pe/web/metodologias/attach/lib606/CAP4-6.htm: http://teoriafinancieraiush.blogspot.mx/2014_09_01_archive.html
- Moreau, V., Bage, G., Marcotte, D., & Samson, R. (2012). Statistical estimation of missing data in life cycle inventory: an application to hydroelectric power plants. *Journal of Cleaner Production*, 37. doi: 10.1016/j.jclepro.2012.07.036
- Morocho, F. (2013). Determinación de los beneficios economicos y ambientales por la conservación de la central termogas Machala I a una Central de Ciclo Combinado. Facultad de Ingeniería – Universidad de Cuenca. Cuenca Ecuador.
- Muhammad-Sukki, F., Munir, A. B., Ramirez-Iniguez, R., Abu-Bakar, S. H., Yasin, S. H. M., McMeekin, S. G., & Stewart, B. G. (2012). Solar photovoltaic in Malaysia: The way forward. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 16(7). doi: 10.1016/j.rser.2012.05.002
- Nalvarte, J. M. (2002). *ANÁLISIS DEL DISEÑO TERMODINÁMICO DE CENTRALES ELÉCTRICAS DE CICLO COMBINADO*. Piura: PIRHUA.
- NAP, G. d. (2002). Energía Solar Fotovoltaica. (G. S. Pano, Ed.) *Grupo de Nuevas Actividades Profesionales*, pags. 1, 2(Depósito legal: M-50664-2007).
- Negro, S. O., Alkemade, F., & Hekkert, M. P. (2012). Why does renewable energy diffuse so slowly? A review of innovation system problems. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 16(6). doi: 10.1016/j.rser.2012.03.043
- Nishimura, A., Hayashi, Y., Tanaka, K., Hirota, M., Kato, S., Ito, M., . . . Hu, E. J. (2010). Life cycle assessment and evaluation of energy payback time on high-concentration photovoltaic power generation system. *Applied Energy*, 87(9), 2797-2807. doi: 10.1016/j.apenergy.2009.08.011
- Oro, E., Gil, A., de Gracia, A., Boer, D., & Cabeza, L. F. (2012). Comparative life cycle assessment of thermal energy storage systems for solar power plants. *Renewable Energy*, 44, 166-173. doi: 10.1016/j.renene.2012.01.008

- Omar Ellabban, Haitham Abu-Rub, Frede Blaabjerg. (2010). Recursos energéticos renovables: Situación actual, perspectivas futuras y su tecnología permite.748-764, p.749, doi : 10.1016 / j.rser.2014.07.113 .REN21
- Overton, T. W. (2012). Gas Glut Drives Action in Combined Cycle Power. Power, 156(7).
- Pandey, S., Singh, V. S., Gangwar, N. P., Vijayvergia, M. M., Prakash, C., & Pandey, D. N. (2012). Determinants of success for promoting solar energy in Rajasthan, India. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 16(6). doi: 10.1016/j.rser.2012.03.012
- Pereira, M. G., Camacho, C. F., Vasconcelos Freitas, M. A., & da Silva, N. F. (2012). The renewable energy market in Brazil: Current status and potential. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 16(6). doi: 10.1016/j.rser.2012.03.024
- Pérez, H. M. (2011). Análisis de costo beneficio. *Cambio Climatico, Componente socioeconómico* (pág. 37). Santiago de Chile: Euroclima.
- Perez, Luis (27 de Diciembre de 2011). *www.agroproyectos.org*. (A. SC, Editor, & A. Zambrana, Productor) Recuperado el 03 de 11 de 2014, de <http://www.agroproyectos.org/p/acerca-de-agroproyectos.html>
- Perez, R., Zweibel, K., & Hoff, T. E. (2011). Solar power generation in the US: Too expensive, or a bargain? Energy Policy, 39(11), 7290-7297. doi: 10.1016/j.enpol.2011.08.052
- Perevochtchikova, M. (2013). *La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales*. Proyecto Conacyt, Colegio de México, A.C., Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales , México DF.
- Pete, C. M., Acker, T. L., Jordan, G., Harpman, D. A., & Asme. (2010). WESTERN WIND AND SOLAR INTEGRATION STUDY HYDROPOWER ANAYSIS: BENEFITS OF HYDROPOWER IN LARGE-SCALE INTEGRATION OF RENEWABLES IN THE WESTERN UNITED STATES.

- Pickard, W. F. (2012). Where renewable electricity is concerned, how costly is "too costly"? *Energy Policy*, 49. doi: 10.1016/j.enpol.2012.06.036
- Piemonte, V., De Falco, M., Giaconia, A., Tarquini, P., & Iaquaniello, G. (2010). Life cycle assessment of a concentrated solar power plant for the production of enriched methane by steam reforming process. In J. J. Klemes, H. L. Lam & P. S. Varbanov (Eds.), *Pres 2010: 13th International Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction (Vol. 21, pp. 25-30)*.
- Piemonte, V., De Falco, M., Tarquini, P., & Giaconia, A. (2010). Life Cycle Assessment of a High Temperature Molten Salt Concentrated Solar Power Plant. In S. Pierucci & B. G. Ferraris (Eds.), *20th European Symposium on Computer Aided Process Engineering (Vol. 28, pp. 1063-1068)*.
- Pihl, E., Kushnir, D., Sanden, B., & Johnsson, F. (2012). Material constraints for concentrating solar thermal power. *Energy*, 44(1). doi: 10.1016/j.energy.2012.04.057
- Pittock, B. (2011). Co-benefits of large-scale renewables in remote Australia: energy futures and climate change. *Rangeland Journal*, 33(4), 315-325. doi: 10.1071/rj11012
- Querol, E., Gonzalez-Regueral, B., Garcia-Torrent, J., & Ramos, A. (2011). Available power generation cycles to be coupled with the liquid natural gas (LNG) vaporization process in a Spanish LNG terminal. *Applied Energy*, 88(7). doi: 10.1016/j.apenergy.2011.01.023
- Rana S, Chandra R, Singh SP, Sodha MS (1998). Optimal mix of renewable energy resources to meet the electrical energy demand in villages of Madhya Pradesh. *Energy Conversion and Management*; 39(3):203–216.
- Rashad SM, Ismail MA (2000). Environmental impact assessment of hydropower in Egypt. *Applied Energy*; 65(1–4):285–302.

- REN21 (2014). "Renovables 2014: Global Status Report" . pp. 13, 17, 21, 25. ISBN 978-3-9815934-2-6 . Archivado desde el original, el 4 de septiembre de 2014.
- R. Kehlhofer, J. Warner, H. Nielsen, R. Bachmann (1999). Combined Cycle Gas-Steam Turbine Powerplants. 2nd edition. Tulsa, Oklahoma: PennWell.
- Robinson, P. J., & Luyben, W. L. (2011). Plantwide Control of a Hybrid Integrated Gasification Combined Cycle/Methanol Plant. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50(8). doi: 10.1021/ie102219k
- Roedern, H. S. (2007). Thin Film CIGS and CdTe Photovoltaic Technologies: Commercialization, Critical Issues, and Applications Preprint. En N. R. Laboratory (Ed.), *22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference (PVSEC) and Exhibition*, (pág. 7). Milan, Italia.
- Romano, M. C., Spallina, V., & Campanari, S. (2011). Integrating IT-SOFC and gasification combined cycle with methanation reactor and hydrogen firing for near zero-emission power generation from coal. In J. Gale, C. Hendriks & W. Turkenberg (Eds.), *10th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (Vol. 4)*.
- Rubik, P. F. (2000). Life Cycle assessment in Industry and Business. En P. F. Rubik, & p. i. Germany (Ed.), *Life Cycle assessment in Industry and Business* (pág. 277). New York, Verlag Berlin , Germany: springer.
- Sánchez Hernández, et al (2009), Externalidades de la Generación de electricidad y el cambio climático”, *Boletín IIE*, octubre-diciembre
- Sarzynski, A., Larrieu, J., & Shrimali, G. (2012). The impact of state financial incentives on market deployment of solar technology. *Energy Policy*, 46. doi: 10.1016/j.enpol.2012.04.032
- Seager, T. P., Miller, S. A., Kohn, J., & Ieee. (2009). Land Use and Geospatial Aspects in Life Cycle Assessment of Renewable Energy.

- Secretaría de Energía. *Prospectiva del Sector Eléctrico 2012 – 2026* [en línea]. México, D.F.: SENER, 2012 [fecha de consulta: 15 Mayo 2014]. Secretaría de Energía: Planeación. Disponible en:
http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PSE_2012_2026.pdf
- Sen, Amartya (2000). THE DISCIPLINE OF COST-BENEFIT ANALYSIS. *Journal of Legal Studies*, vol. XXIX, 23.
- Shabani, B., & Andrews, J. (2011). An experimental investigation of a PEM fuel cell to supply both heat and power in a solar-hydrogen RAPS system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(9), 5442-5452. doi: 10.1016/j.ijhydene.2011.02.003
- Shahan, Z. (20 de junio de 2011). http://es.wikipedia.org/wiki/Energia_solar#cite_note-32. (T. Reuters, Editor) Recuperado el 2013
- Socorro Garcia-Cascales, M., Teresa Lamata, M., & Miguel Sanchez-Lozano, J. (2012). Evaluation of photovoltaic cells in a multi-criteria decision making process. *Annals of Operations Research*, 199(1). doi: 10.1007/s10479-011-1009-x
- software-shop. (22 de agosto de 2014). <http://www.software-shop.com/in.php?mod=empresa>, SimaPro 7.3.3. (p. consultores, Editor, s. 7, Productor, & pré consultores) Recuperado el 22 de agosto de 2014, de <http://www.software-shop.com>
- Solartronic. (2003). IRRADIACIONES GLOBAL, DIRECTA Y DIFUSA, EN SUPERFICIES HORIZONTALES E INCLINADAS, ASÍ COMO IRRADIACIÓN DIRECTA. *Solartronic* (SOL/DT-001-03), 64.
- Spath, P. L. and Mann, M. K., (2000), “Life Cycle Assessment of a Natural Gas Combined-Cycle Power Generation System”, NREL Report TP-570-27715.

- Srinivas, T., Reddy, B. V., & Gupta, A. V. S. S. K. S. (2012). Thermal Performance Prediction of a Biomass Based Integrated Gasification Combined Cycle Plant. *Journal of Energy Resources Technology-Transactions of the Asme*, 134(2). doi: 10.1115/1.4006042
- Taddei, J. L. (2010). El cambio climatico ¿Que es ¿Que podemos hacer. En J. L. Bringas, *El cambio climatico* (primera ed., pág. 87). Hermosillo, Sonora, México: Imagen Digital del Noroeste, S.A. de C.V.
- Taddei, J. L. (2012). BALANCE ESTATAL DE ENERGÍA: PRIMER PASO PARA AVANZAR HACIA LA SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA. (c. e. División de Ingeniería, Ed.) *EPISTEMUS*(13), 60-65.
- Taddei Bringas Jorge et al. (2014). ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ESTADO DE SONORA. (U. d. Sonora, Ed.) *EPISTEMUS*(17), 89-94.
- Tancredo Borges, C. L. (2012). An overview of reliability models and methods for distribution systems with renewable energy distributed generation. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 16(6). doi: 10.1016/j.rser.2012.03.055
- Thanarak, P., & Sae-Eir, K. (2012). Economic analysis of CO2 emission reduction from large scale photovoltaic power plant in Thailand. 2011 2nd International Conference on Advances in Energy Engineering (Icaee), 14, 837-842.
- Timilsina, G. R., Kurdgelashvili, L., & Narbel, P. A. (2012). Solar energy: Markets, economics and policies. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 449-465. doi: 10.1016/j.rser.2011.08.009
- Tsuchiya, H. (2012). Electricity supply largely from solar and wind resources in Japan. *Renewable Energy*, 48. doi: 10.1016/j.renene.2012.05.011
- Varun, Prakash, R., & Bhat, I. K. (2012). Life cycle greenhouse gas emissions estimation for small hydropower schemes in India. *Energy*, 44(1). doi: 10.1016/j.energy.2012.05.052

- Varun G, Prakash R, & Bhat I.K (2009). Energy, economics and environmental impacts of renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; 13(9):2716–2721.
- Velázquez J, Sámano D A, Estrada-Cajigal V y Vázquez B (1988) Comparación de modelos empíricos de radiación solar promedio mensual. *Memorias del XII Congreso de la Asociación Nacional de Energía Solar*. Puebla, Pue. Octubre pp. 207-212.
- Viebahn, P., Lechon, Y., & Trieb, F. (2011). The potential role of concentrated solar power (CSP) in Africa and Europe-A dynamic assessment of technology development, cost development and life cycle inventories until 2050. *Energy Policy*, 39(8), 4420-4430. doi: 10.1016/j.enpol.2010.09.026
- Vivar, M., Skryabin, I., Everett, V., & Blakers, A. (2010). A concept for a hybrid solar water purification and photovoltaic system. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 94(10), 1772-1782. doi: 10.1016/j.solmat.2010.05.045
- Wang, K., Ciucu, F., Lin, C., & Low, S. H. (2012). A Stochastic Power Network Calculus for Integrating Renewable Energy Sources into the Power Grid. *Ieee Journal on Selected Areas in Communications*, 30(6). doi: 10.1109/jsac.2012.120703.
- Wang, Y., & Sun, T. (2012). Life cycle assessment of CO₂ emissions from wind power plants: Methodology and case studies. *Renewable Energy*, 43. doi: 10.1016/j.renene.2011.12.017
- Xavier Labandeira, P. L. (2012). Energías Renovables y Cambio Climático. (8. (-6. Cuadernos Económicos de ICE, Ed.) *Economics for energy*(83), 23.
- Yamamoto, Y. (2012). Pricing electricity from residential photovoltaic systems: A comparison of feed-in tariffs, net metering, and net purchase and sale. *Solar Energy*, 86(9). doi: 10.1016/j.solener.2012.06.001
- Yimin Zhang, J.O. (2010). Life Cycle Emissions and Cost of Producing Electricity from Coal, Natural Gas, and Wood Pellets in Ontario, Canada. *Environ. Sci. Technol.*, 538-544.

- Yoreley Cancino-Solorzano a, J. X.-B. (2008). Statistical analysis of wind power in the region of Veracruz (Mexico). (www.elsevier.com/locate/renene, Ed.) *Renewable Energy*(34), 1628–1634.
- Yuan, Z., & Chen, B. (2012). Process synthesis for addressing the sustainable energy systems and environmental issues. *Aiche Journal*, 58(11). doi: 10.1002/aic.13914
- Zaki, W. R. M., Nawawi, A. H., & Ahmad, S. S. (2010). Economic assessment of Operational Energy reduction options in a house using Marginal Benefit and Marginal Cost: A case in Bangi, Malaysia. *Energy Conversion and Management*, 51(3), 538-545. doi: 10.1016/j.enconman.2009.10.019
- Zwebek I, Pilidis P. (2004). Degradation Effects on Combined Cycle Power Plant Performance – Part III: Gas and Steam Turbine Component Degradation Effect”, *ASME J. Eng. Gas Turbines and Power*, 126:306-315.
- Zhao Xin-gang, Y. e tal. (2013). International cooperation on renewable energy electricity in china - A critical analysis. (www.elsevier.com/locate/renene, Ed.) *Renewable Energy*(55), 410-416.

ANEXOS

- 1.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE UNA TURBINA DE CICLO COMBINADO EN SIMAPRO PARA LA EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA
- 2.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE SIMAPRO PARA LA EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA
- 3.- MÉTODOS DEL SIMAPRO PARA CALCULAR LA EVALUACIÓN DEL CICLO DEL CICLO DE VIDA
- 4.- RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS RESIDUOS DE LA TURBINA DE GAS
- 5.- DATOS COMPARATIVOS DE LOS RESIDUOS DE LA TURBINA DE GAS
- 6.- RESULTADOS DEL IMPACTO DEL SMOG DEL VAPOR
- 7.- RESULTADOS DEL CALENTAMIENTO GLOBAL DEL VAPOR
- 8.- DATOS OBTENIDOS DE LOS RESIDUOS DEL SMOG DEL VAPOR
- 9.- RESULTADOS DEL IMPACTO AMBIENTAL EXCLUYENDO EMISIONES A LARGO PLAZO
- 10.- COMPORTAMIENTO DE LOS INGRESOS Y EGRESOS ACTUALIZADOS PARA UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
- 11.- COMPORTAMIENTO DE LOS INGRESOS, EGRESOS Y FLUJO EFECTIVO PARA UNA PLANTA FOTOVOLTAICA
- 12.- COMPORTAMIENTO DE INGRESOS Y EGRESOS DE LA PLANTA DE CICLO COMBINADO
- 13.- COMPORTAMIENTO DE LOS INGRESOS, GASTOS Y FLUJO EFECTIVO PARA LA PLANTA DE CICLO COMBINADO

ANEXO 1

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE UNA TURBINA DE CICLO COMBINADO EN
SIMAPRO PARA LA EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA

SimaPro 8.0.4.30	Descripción	Fecha:	19/05/2015	Período:	18:51
Proyecto	ECV de una turbina de gas de Central de Ciclo Combinado				
Nombre					
	Evaluación del Ciclo de Vida de una turbina de gas de Central de Ciclo Combinado				
Fecha	17/10/2013				
Autor	OSCAR MARTINEZ MARTINEZ				
Comentario					
	EVALUAR EL MODELO LA ECV DE UNA TURBINA DE GAS				
Tipo ACV	Internal LCA				
	ISO 14040: Descripción clara del Objetivo y Alcance. ISO 14042 determina normas mínimas para la evaluación de impacto. El análisis de sensibilidad es muy importante.				
Objetivo	El objetivo es evaluar a través del ECV, el comportamiento de una turbina de gas en el proceso de Generación de energía eléctrica, y comparar su ciclo de vida con los otros equipos que contienen el ciclo combinado.				
	La turbina de gas que utiliza una empresa en el estado de sonora, es con el propósito de generar energía eléctrica y abastecer de ella a la red nacional de CFE y se comparará con el resto del esquema de ciclo combinado, como son:				
	Turbina de vapor				
	Generador				
	Generador de la turbina de vapor				
	Caldera de vapor				
	y así comparar su impacto ambiental de cada una de ellas en dicha producción				
Motivo	Una vez comparado el impacto ambiental del ciclo combinado se hará con respecto a la generación de energía eléctrica que produce la energía solar fotovoltaica, para su uso en el estado de sonora				
Quien ordena el proyecto	COMO ESTUDIANTE DE DOCTORADO EN UPAEP, MI TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA LOGRAR MI GRADO DE DOCTOR EN PLANEACIÓN ESTRATEGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA, ES POR ESO QUE REALIZO DICHA INVESTIGACIÓN COMO INNOVACIÓN TECNOLÓGICA				
Parte interesada	UPAEP, SENER Y EN SONORA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE)				
Ejecutor del Proyecto	OSCAR MARTINEZ MARTINEZ				
Unidad funcional	1KWh				
Flujos de referencia	En el uso de la generación de energía eléctrica a través del ciclo combinado se utilizan varios equipos para tal efecto y ellos de alguna forma afecta al impacto ambiental de tal manera que hay que comparar entre las turbinas, generadores y caldera quien de ellos producen el mayor impacto ambiental				
Escenarios alternativos	1.- ESCENARIO CICLO COMBINADO, entre las turbinas de gas y vapor, así como los generadores y la caldera de vapor				
Sufijo nombre producto	CCSON				

ANEXO 2

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE
SIMAPRO PARA LA EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA

SimaPro 8.0.4.30	Fecha:	19/05/2015	Período:	19:44
Proyecto	ECV de una planta de energía solar fotovoltaica			
Nombre				
	Evaluación del Ciclo de Vida una planta de energía solar fotovoltaica			
Fecha				
	22/10/2013			
Autor				
	OSCAR MARTINEZ MARTINEZ			
Comentario	EVALUAR EL MODELO LA ECV DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA			
Tipo ACV	Internal LCA			
Objetivo	ISO 14040: Descripción clara del Objetivo y Alcance. ISO 14042 determina normas mínimas para la evaluación de impacto. El análisis de sensibilidad es muy importante.			
	El objetivo es evaluar a través de la ECV, el comportamiento de una planta solar fotovoltaica Que de generación de energía eléctrica,.			
Quien ordena el proyecto	COMO ESTUDIANTE DE DOCTORADO EN UPAEP, MI TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA LOGRAR MI GRADO DE DOCTOR EN PLANEACIÓN ESTRATEGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA, ES POR ESO QUE REALIZO DICHA INVESTIGACIÓN COMO INNOVACIÓN TECNOLÓGICA			
Parte interesada	UPAEP, SENER Y EN SONORA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE)			
Ejecutor del Proyecto				
	OSCAR MARTINEZ MARTINEZ			
Unidad funcional				
	1MWH			
Flujos de referencia				
Escenarios alternativos				
	ESCENARIO PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA			
Sufijo nombre producto				
FVSON				

SimaPro 8.0.4.30	métodos	Fecha:	19/05/2015	Período:	19:15
Proyecto	EVC de una turbina de gas de Central de Ciclo Combinado				
Métodos de Norte America					
	BEES 4,02				
	TRACI				

	4,00				
--	------	--	--	--	--

ANEXO 3

METODOS DE SIMAPRO PARA CALCULOS DE LA EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA

SimaPro 8.0.4.30	métodos	Fecha:	19/05/2015	Período:	19:15
Proyecto	ECV de una turbina de gas de Central de Ciclo Combinado y/o Solar Fotovoltaica				
Métodos de Norte America					
	BEES 4,02				
	TRACI 4,00				

BEES (Edificio de Medio Ambiente y Sostenibilidad Económica) son una herramienta de software desarrollada por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST).

Datos de contacto: <http://www.bfrl.nist.gov/oe/software/bees/>

Aplicación del Método BEES (febrero de 2008; v4.00) Método de Evaluación de Impacto

Los datos de BEES 4.0 Manual.pdf y equiv12.xls y discusiones con Barbara Lippiatt del NIST

Los datos introducidos por Lise Laurin de Earthshift, llaurin@earthshift.com y revisados por Barbara Lippiatt del NIST, lippiatt@nist.gov.

PRé Consultores ha optado por no aplicar las cifras Normalización, ya que dieron resultados que son difíciles de entender o explicar. Los factores de normalización originales se pueden encontrar en el manual de la base de datos.

Factores de la caracterización del humo (smog) para dos sustancias de equiv12.xls, bifenilo y difenilo (tanto al aire) se han promediado y asignado a bifenilo (aire). Factores de caracterización Smog para butano (C₄H₁₀) y butano-n (n-C₄H₁₀) (ambos al aire) se han promediado y asignado a butano (aire).

Para obtener más información, por favor visite los siguientes enlaces:

<http://www.bfrl.nist.gov/oe/software/bees/registration.html>

Para más información, consulte el manual de la base de datos.

Otras adaptaciones (abril de 2008, v4.01)

- La categoría de impacto 'calentamiento global' es una adaptación. Se añade la sustancia "de dióxido de carbono, la transformación de la tierra ", con el mismo factor de caracterización de "dióxido de carbono".

- Un flujo de sustancias extra "El agua, el uso de la turbina, origen natural no especificado" se agrega a la toma de agua de la categoría de impacto ".

Para algunas categorías de impacto las unidades fueron adaptados (cáncer ex HH: 'C7H7 eq "cambian a' g eq C6H6 ', porque el calentamiento global se cambia la unidad CO2 eq' en 'g CO2 eq.).

Otras adaptaciones (noviembre de 2009, v 4.02)

El uso de CO2 biogénico se ha revisado:

- 'El dióxido de carbono, en el aire "en el calentamiento global se ha eliminado
- 'El dióxido de carbono, biogénica' en el calentamiento global se ha eliminado
- El valor de caracterización de 'El metano, biogénica' en el calentamiento global se cambió de 23 a 20

ANEXO 4

RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS RESIDUOS DE LA TURBINA DE GAS

Exportado de SimaPro 7.3.3		
Exportar a: 19/10/2013 en 14:23:40		
Comparando 1 MJ 'NOx', 1 MJ 'SO2' y 1 MJ 'NO2';		
Método: TRACI 2 V4.00 / Caracterización		
Unidad usada: kg O3 eq		
Etiquetas		
Nitrogen oxides	0,0005	
Nitrogen oxides	0,0001	
Nitrogen oxides	5,59E-06	
Substancias remanentes	2,2E-07	

En el anexo 4. Se observan en ICV, los residuos de la turbina de gas, que una vez generado la energía eléctrica, sus residuos son enviados hacia la atmósfera a través de sus chimeneas y la metodología del SimaPro, obtiene sus resultados arrojados.

ANEXO 5

DATOS COMPARATIVOS DE LOS RESIDUOS DE LA TURBINA DE GAS

N°	Sustancia	Compartimento	Subcompartimento	Unidad	NOx	SO2	NO2
	El total de todos los compartimentos			kg O3 eq	0,00061431	0,00061431	0,00061431
	Substancias remanentes			kg O3 eq	2,20E-07	2,20E-07	2,20E-07
1	Nitrogen oxides	Aire	high. Pop.	Kg O3 eq	0,00049783	0,00049783	0,00049783
2	Nitrogen oxides	Aire	low. Pop.	Kg O3 eq	0,00011066	0,00011066	0,00011066
3	Nitrogen oxides	Aire		kg O3 eq	5,59E-06	5,59E-06	5,59E-06

En este anexo se presentan los datos de comparación de los óxidos nitrosos entre sus compartimentos y los Subcompartimento de las sustancias que se arrojan al aire

ANEXO 6

RESULTADOS DEL IMPACTO DEL SMOG DEL VAPOR

En el anexo 6 se observan los resultados del impacto ambiental que se genera a través del smog del vapor, de acuerdo sus diversos componentes químicos que se obtienen en el proceso termodinámico de la turbina de ciclo combinado.

Exportado de SimaPro 7.3.3		
Exportar a: 21/10/2013 en 10:29:41		
Analizando 1 MJ 'Process steam from heavy fuel oil, heat plant, consumption mix, at plant, MJ AT S';		
Método: BEES V4.02 / Caracterización		
Unidad usada: g NOx eq		
Etq.		
Nitrogen oxides	0,0662	
Propane	0,0028	
Butane	0,0024	
Formaldehyde	0,0015	
Ethane	0,0008	
Methane	0,0006	
Pentane	0,0005	
Acetaldehyde	0,0004	
Ethanol	0,0002	
Acetic acid	0,0002	
Methanol	0,0001	
Substancias remanentes	0,0002	

ANEXO 7

RESULTADOS DEL CALENTAMIENTO GLOBAL DEL VAPOR

Exportado de SimaPro 7.3.3		
Exportar a: 19/10/2013 en 15:07:32		
Comparando 1 MJ 'Process steam from heavy fuel oil, heat plant, consumption mix, at plant, MJ AT S';		
Método: BEES V4.02 / Caracterización		
Unidad usada: g CO2 eq		
Etq.		
Carbon dioxide, land transformation	98,9876	
Methane	4,0093	
Dinitrogen monoxide	0,4246	
Substancias remanentes	7,61E-05	

En el anexo 7, se observa el impacto global que genera el calentamiento producido por el vapor, obteniéndose de la misma fuente del SimaPro.

ANEXO 8

DATOS OBTENIDOS DE LOS RESIDUOS DEL SMOG DEL VAPOR

Exportado de SimaPro 7.3.3		
Exportar a: 19/10/2013 en 15:09:18		
Comparando 1 MJ 'Process steam from heavy fuel oil, heat plant, consumption mix, at plant, MJ AT S';		
Método: BEES V4.02 / Caracterización		
Unidad usada: g NOx eq		
Etq.		
Nitrogen oxides	0,0662	
Propane	0,0028	
Butane	0,0024	
Formaldehyde	0,0015	
Ethane	0,0008	
Methane	0,0006	
Pentane	0,0005	
Acetaldehyde	0,0004	
Ethanol	0,0002	
Acetic acid	0,0002	
Methanol	0,0001	
Substancias remanentes	0,0002	

En el smog de vapor presenta los mismos resultados que el impacto del smog del vapor por lo que se obtiene el mismo valor de 0.01788 Kg para los dos tipos de análisis.

ANEXO 9

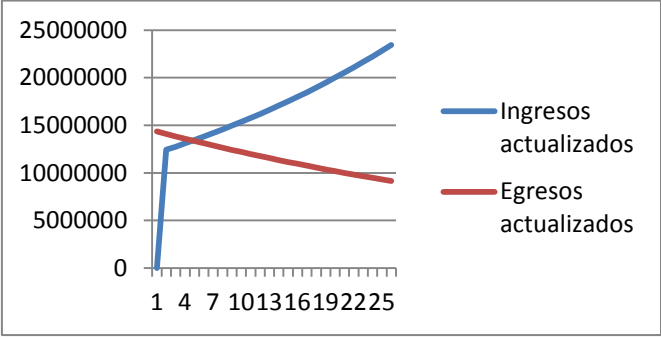
RESULTADOS DEL IMPACTO AMBIENTAL EXCLUYENDO EMISIONES A LARGO
PLAZO

Etiqu.	Electricity, PV, at 3kWp facade installation, multi-Si, panel, mounted/CH S		
Abiotic depletion	4,2E-15		
Acidification	1,37E-15		
Eutrophication	7,8E-16		
Global warming (GWP100)	2,24E-15		
Ozone layer depletion (ODP)	3,79E-17		
Human toxicity	2,68E-15		
Fresh water aquatic ecotox.	5,96E-16		
Marine aquatic ecotoxicity	1,34E-14		
Terrestrial ecotoxicity	2,49E-15		
Photochemical oxidation	2,97E-16		

Resultados de la planta solar fotovoltaica donde se observa el comportamiento Impacto ambiental excluyendo emisiones a largo plazo

ANEXO 10

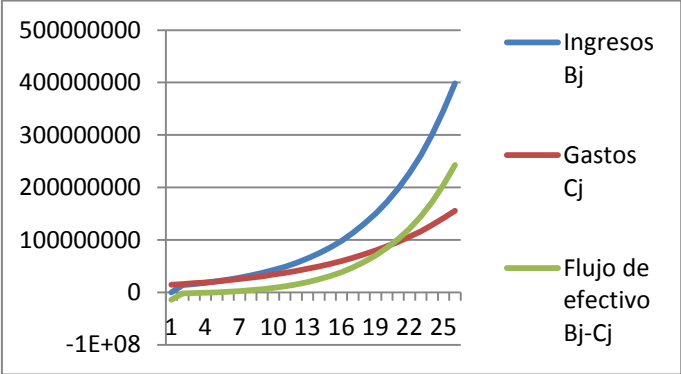
COMPORTAMIENTO DE LOS INGRESOS Y EGRESOS ACTUALIZADOS PARA UNA
PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA



Comportamiento de los Ingresos y Egresos Actualizados para una planta fotovoltaica

ANEXO 11

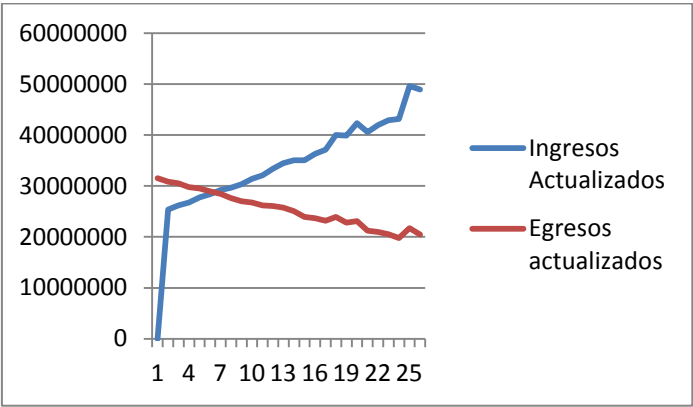
COMPORTAMIENTO DE LOS INGRESOS, EGRESOS Y FLUJO EFECTIVO PARA UNA
PLANTA FOTOVOLTAICA



Asimismo se puede observar el comportamiento grafico de los Ingresos y Egresos Actualizados, donde se ve cómo los ingresos van en incremento

ANEXO 12

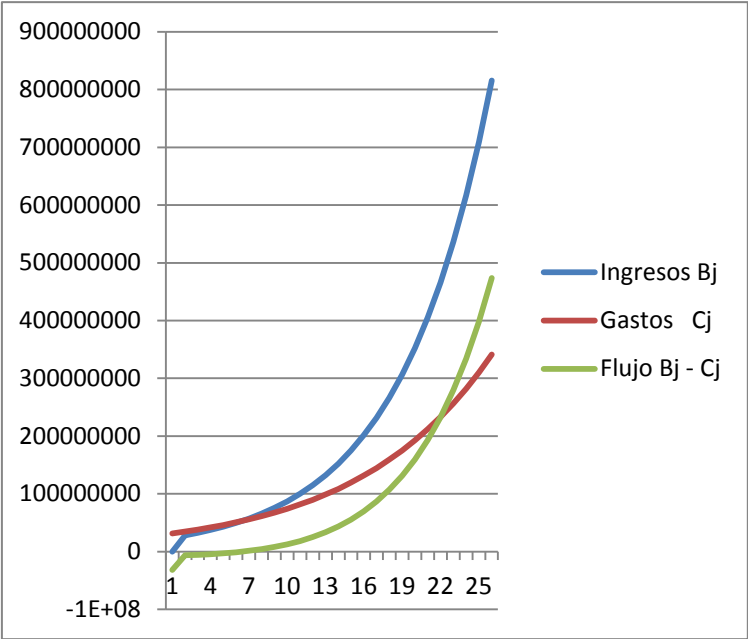
COMPORTAMIENTO DE INGRESOS Y EGRESOS DE LA PLANTA DE CICLO
COMBINADO



Comportamiento de Ingresos y Egresos de una planta de ciclo combinado

ANEXO 13

COMPORTAMIENTO DE LOS INGRESOS, GASTOS Y FLUJO EFECTIVO PARA LA
PLANTA DE CICLO COMBINADO



Comportamiento de los ingresos, gastos y flujo efectivo para una planta de ciclo combinado

LISTA DE FIGURAS

2.1.- Apoyo público global para las fuentes de energía	19
2.2.- El crecimiento global de las energías renovables a lo largo del 2011	20
2.3.- Contribución de distintas fuentes a la energía primaria global	23
2.4.- Emisiones de GEI y contribución de las distintas tecnologías energéticas	23
2.5 Paneles solares fotovoltaicos de películas delgadas	30
2.6 Diagrama de una Planta de Ciclo Combinado	43
2.7.- Consumo de combustible volumétrica patrón anual de los diferentes casos de factor de capacidad máxima	94
3.1.- Marco Metodológico	100
3.2.- Planta de Ciclo Combinado en Hermosillo, México	101
3.3.- Planta de Energía Solar Fotovoltaica, Estado de Nevada, USA	102
3.4. Evolución del precio de las fotos celdas solares	108
3.5.- Diagrama esquemático de Turbina gas	113
3.6.- Los límites del sistema para la producción de electricidad a través de un proceso de Turbinas de Gas Natural	114
3.7.- Diagrama de flujo del proceso SimaPro 7.3.3	115
3.8.- Fase de la Evaluación de Ciclo de Vida	118
4 .1.- Calentamiento Global de la Turbina de Gas (Fuente: SimaPro 7.3.3)	133
4.2.- Análisis de impacto de una planta de energía solar fotovoltaica (Fuente: SimaPro 7.3.3.)	135
4.3.- Análisis del impacto del smog del vapor	137
4.4.- Calentamiento Global por el vapor (Fuente SimaPro 7.3.3)	138
4.5.- Residuos del Smog del Vapor (Fuente SimaPro 7.3.3)	139
4.6.- Análisis de impacto de una planta de energía solar fotovoltaica (Fuente: SimaPro 7.3.3.)	140
4.7.- Impacto ambiental de planta solar fotovoltaica excluyendo emisiones a largo plazo	142

Lista de Tablas

2.1. Ventajas e inconvenientes de la Energía Solar Fotovoltaica	34
2.2 Costos de Producción de Centrales Eléctricas y Ciclos Combinados	66
2.3 El costo típico y rendimiento de valores en sistemas solares de FV	71
2.4.- Eliminación de baterías en pequeños productos de iluminación	82
2.5.- Casos de estudios de aplicaciones de ECV y ACB	98
3.1.- Tipos de combustibles que se consumen en las centrales térmicas	100
3.2.- Criterios y Parámetros de Ciclo Combinado y Fotovoltaica	101
3.3.- Categorías de Impacto Ambiental SETAC	122
3.4.- Potencial del Calentamiento Global (GWP) a 100 años de los principales gases de efecto invernadero según, metodologías IPCC 2007 y Eco indicador 95	123
3.5.- Generación y gastos de Solar Fotovoltaica	127
3.6.- Generación y gastos de Central de Ciclo Combinado	132
4.1.- Calentamiento Global de Turbina de Gas (Software SimaPro 7.3.3)	134
4.2.- Análisis de la Turbina de Gas (fuente SimaPro 7.3.3)	135
4.3.- Balance del ICV en la Turbina de Ciclo Combinado	136
4.4.- Balance Total de la Turbina de Gas	137
4.5.- Impacto ambiental de una planta solar fotovoltaica (fuente: SimaPro 7.3.3)	139
4.6.- Tabla de Comparativa de ECV entre Ciclo Combinado y Fotovoltaica	140
4.7.- Base de datos para obtener el Costo Beneficio de una Central de Ciclo Combinado	141
4.8.- Resultados de una Central de Ciclo Combinado	142
4.9.- Base de datos para obtener el Costo Beneficio de una Planta fotovoltaica	144
4.10.- Resultados para Planta Solar Fotovoltaica	145
4.11.- Análisis comparativos de Costo Beneficio entre Solar Fotovoltaica y Ciclo Combinado	146
4.12.- Resultados para Planta Solar Fotovoltaica	146
4.13.- Análisis comparativos de Costo Beneficio entre Solar Fotovoltaica y Ciclo Combinado	147
5.1.- Tabla de Matriz Comparativa Solar Fotovoltaica y Ciclo Combinado	149
5.2.- Tabla de Matriz Comparativa Solar Fotovoltaica y Ciclo Combinado a 250 MW	151

Lista de Abreviaturas

Nomenclatura		Kwh	Kilowatt hora
ECV	Evaluación de ciclo de vida	RER	Procesos del sistema ecoinvent
ACB	Análisis Costo Beneficio	FENOSA	Fuerzas Eléctricas del Noroeste, S.A.
I+D+i	Investigación, Desarrollo e innovación	CO ₂	Dióxido de Carbono
CFE	Comisión Federal de Electricidad	CH ₄	Metano
ENE	Estrategia Nacional de Energía	N ₂ O	Óxido Nitroso
PRONAS	Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	CFC _s	Hidrofluorocarbonos
POISE	Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico	CF ₆	Hexafluoruro de azufre
RLSPEE	Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica	Kg eq. CO ₂	Kg equivalente a Dióxido de Carbono
LAERFTE	Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética	GWP100	Potencial del calentamiento global (100 años)
LGCC	Ley General de Cambio Climático	NO _x	Óxido de Nitrógeno
COGAG	Gas Combinado y Gas	SO ₂	Dióxido de Azufre
GEI	Gas de Efecto Invernadero	NO ₂	Dióxido de Nitrógeno
MJm ⁻²	Mili Joule por metro cuadrado	SimaPro	Sistema de Medición y Avance de la Productividad
FODA	Fortaleza, Oportunidades, Debilidades, Amenazas	IPCC	Panel Intergubernamental del Cambio Climático
ISO	Organización Internacional de Normalización	Kg NO _x eq.	Kg equivalente a óxido de nitrógeno
UNE EN ISO	Una Norma Española en ISO	TRACI	Herramienta para la reducción y la evaluación de los productos químicos y los impactos ambientales
ICV	Inventario de Ciclo de Vida	BEES	Building for Environmental and Economic Sustainability
Kg/Cm ²	Kilogramo por centímetro cuadrado	CC	Ciclo Combinado
°C	Grado Centígrado	FV	Fotovoltaica
°F	Grado Fahrenheit	ESF	Energía Solar Fotovoltaica
IECV	Impacto de Evaluación de Ciclo de Vida	PEE	Productor Externo de Energía
LCA	Life Cycle Assessment	SPG	Siemmes Power Generation
R B/C	Relación Beneficio/ Costo	SIN	Sistema Interconectado Nacional
TRACI	Tool for reduction and assessment of chemical and the environmental impacts	PIE	Productor Interno de Energía
SENER	Secretaria Nacional de Energía	AIE	Agencia Internacional de Energía
PND	Plan Nacional de Desarrollo	GIS	Geographic Information System
SEN	Sistema Eléctrico Nacional	SIG	Sistema de Información Geográfica
GW	Giga Watt	PRODEEM	Programa de Desarrollo Energético de Estados y Municipios
TWh	Tera watts por hora	STE	Electricidad Térmica Solar
MW	Mega Watts	ASIF	Asociación de la Industria Fotovoltaica
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico	IDAE	Instituto para la diversificación y ahorro de la Energía
KW	Kilo Watts	VPN	Valor Presente Neto
PEC	Consumo de Energía Per Cápita	PNL	Programación No Lineal
RES	Fuentes de Energías Renovables	MILP	Programación Lineal Entera Mixta
GA	Algoritmo genérico	TIR	Tasa Interna de Retorno
GEI	Gas de Efecto Invernadero	LCOE	Costo Nivelado de Energía
CCS	Captura y almacenamiento de carbono	WACC	Weight average cost of capital
GHG	Green House Gas	NGCC	Gas Natural de Ciclo Combinado
UFI	Unión Fenosa Internacional	SIN	Sistema Nacional Interconectado
EPA	Environmental Protection Agency	CENACE	
MIT	Massachusetts Institute of Technology		
RPS	International Consultancy Providing		
EPBT	Energy Pay- Back Time		
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change		
RCE	Reductions certificates of emissions		
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio		
CER	Center for Energy Research		
PCF	Capacidad de Factor de Planta		
STPP	Sustainable Technology & Policy Program		
DSG	Direct Shift Gearbox		
SEGS	Solar Energy Generating Systems		
HTF	Fluido Térmico Sintético		
ISCCS	Integrated Solar – Combined Cycle System		
CCGT	Turbinas de gas de Ciclo Combinado		
TRE	Tiempo de Retorno Energético		
CED	Demanda de Energía Acumulada		

