



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**Universidad Nacional Autónoma  
de México**

**Facultad de Ingeniería**

**División de Ingeniería Eléctrica**

**Planteamiento y evaluación  
técnico-económico de un proyecto  
de Eficiencia energética en el sector  
servicios, en base a cogeneración**

**Tesis que para obtener el título de  
Ingeniero Eléctrico-Electrónico**



**Presentan:**

**Pamela Lizeth Clara Álvarez  
Fernando Eliel Reyes López**

**Director:**

**Dr. Gabriel León de los Santos**

**Ciudad Universitaria, México D.F. 2013**



## Contenido

Resumen.....	8
Introducción.....	9
CAPITULO 1 ANTECEDENTES.....	18
1.1. Introducción.....	18
1.2. Energía y medio ambiente.....	19
1.3. Energía renovable y eficiencia energética.....	21
1.3.1. Definición.....	22
1.3.2. Clasificación.....	22
1.3.3. Eficiencia Energética.....	31
1.4. Sistemas eléctricos de potencia.....	32
1.4.1. Definición.....	32
1.4.2. Estructura.....	33
1.5. Procesos industriales y Cogeneración.....	39
1.5.1. Procesos industriales con potencial de cogeneración.....	39
1.5.2. Tecnologías de cogeneración.....	40
1.6. Combustibles y Tarifas eléctricas.....	44
1.6.1. Combustibles.....	44
1.6.2. Tarifas eléctricas.....	46
1.7. Cogeneración eficiente.....	52
1.7.1. Definición.....	54
1.7.2. Criterio de eficiencia.....	55
1.7.3. Determinación de Cogeneración Eficiente de acuerdo a los tipos de Cogeneración.....	57



1.8. Conclusión.....	57
<b>CAPITULO 2: REQUERIMIENTOS DE LA INSTALACIÓN INDUSTRIAL Y DE SERVICIOS.....</b>	<b>59</b>
2. Introducción.....	59
2.1. Descripción de la instalación.....	59
2.1.1. Clima y ubicación geográfica.....	60
2.1.2. Instalaciones y ocupación.....	61
2.1.3. Condiciones de confort.....	62
2.2. Caracterización de los servicios y de la demanda energética.....	63
2.2.1. Instalaciones eléctricas actuales.....	63
2.2.2. Instalaciones térmicas actuales.....	68
2.3. Costos energéticos.....	72
2.4. Requerimientos a cumplir.....	74
2.4.1. Marco Regulatorio del Sector.....	74
2.4.2. Financiamiento FIDE.....	75
Características y Condiciones del Crédito.....	76
2.5. Conclusión.....	79
<b>CAPITULO 3: PROPUESTA DEL SISTEMA ENERGÉTICO EN COGENERACIÓN ....</b>	<b>80</b>
3. Introducción.....	80
3.1. Parámetros e indicadores de sistemas de cogeneración.....	80
3.1.1. Potencia eléctrica y energía generada anualmente.....	81
3.1.2. Tensión eléctrica de salida.....	82
3.1.3. Frecuencia de salida.....	82
3.1.4. Características Térmicas.....	82



3.1.5.	Relación calor/electricidad (Q/E).....	83
3.1.6.	Tipo de combustible principal y auxiliar.....	84
3.1.7.	Poder calorífico del combustible .....	84
3.1.8.	Régimen térmico.....	84
3.1.9.	Pérdida de potencia por efecto de la altura.....	85
3.1.10.	Eficiencia o rendimiento .....	85
3.2.	Configuraciones de cogeneración propuestas.....	86
3.2.1.	Configuración con turbina de gas .....	88
3.2.1.	Configuración con motor de combustión interna.....	93
3.3.	Parámetros de rendimiento y desempeño de las opciones técnicas .....	98
3.3.1.	Perfil de operación del sistema de cogeneración.....	98
3.3.2.	Parámetros de rendimiento con turbina de gas .....	99
3.3.3.	Parámetros de rendimiento con motor de combustión interna.....	101
3.4.	Conclusión.....	103
CAPITULO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS OPCIONES .....		104
4.	Introducción .....	104
4.1.	Evaluación del resultado neto de operación .....	106
4.2.	Costos de inversión .....	109
4.2.1.	Inversión .....	109
	Equipo principal.....	110
4.3.	Indicadores de rentabilidad económica .....	110
4.4.	Análisis de previabilidad económica.....	111
4.5.	Escenarios de financiamiento.....	116
4.6.	Consideraciones medio ambientales.....	119





Planteamiento y evaluación técnico-económico de un proyecto de Eficiencia energética en el sector servicios, en base a cogeneración

4.7. Conclusión.....	126
Conclusiones generales y Recomendaciones .....	128
Bibliografía y Referencias.....	130
Nomenclatura .....	131
Índice de tablas.....	133
Índice de figuras .....	134
Anexo 1 Cotización de las opciones .....	136
Anexo 2 Hojas de características de las opciones.....	136
Anexo 3 Otras opciones analizadas .....	136



### **Agradecimientos Fernando:**

En primer lugar a Dios por acompañarme siempre en todos los éxitos logrados.

Indudablemente quiero agradecer a mi madre Edmunda López Maldonado por apoyarme siempre en todo lo que he querido hacer, ser un gran impulso para lograr todas mis metas y por todos los sacrificios que hizo para sacarnos adelante, me siento sumamente orgulloso de ti mami.

A mi querida amiga Blanca Rivas por ser el motivo por el cual decidí iniciar este proyecto, muchas gracias amiguiiii!!

A mis hermanos para que este logro sea una inspiración para que ellos salgan adelante, échenle ganas Neto, Diego, Gustavo y sobre todo Caro, todos tienen gran potencial, solo es cuestión de que se lo propongan, por supuesto hay que dejar muchas cosas en el camino, pero les aseguro que vale la pena.

A nuestro asesor Dr. Gabriel León de los Santos por todo el apoyo que nos brinda para realizar esta tesis.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería, porque en sus aulas aprendí lo que es ser una gran persona y a ejercer mi profesión siempre en beneficio de mi país,

También al FIDE por haberme dado mi primera oportunidad para ejercer mi profesión y a la gente que me dio las facilidades para poder llevar a buen puerto esta tesis que es la culminación de varios años de estudio



## Planteamiento y evaluación técnico-económico de un proyecto de Eficiencia energética en el sector servicios, en base a cogeneración

Agradecimientos Pamela:

A Dios:

Por haberme permitido permanecer con vida hasta el día de hoy y culminar esta gran etapa en mi vida.

A mi Madre: MARÍA MARTHA ALVAREZ ALVARADO (q.e.p.d)

A la hermosa mujer que me dio la vida, la que con su ejemplo y valores colocó los cimientos de mi personalidad, por su amor, por creer en mí, por su confianza, por su valor, por sus sabios consejos y apoyo incondicional, simplemente por ser la mejor madre del mundo. Porque aunque no esté presente físicamente para dedicarle este logro, lo comparto con ella en donde quiera que se encuentre.

Reconozco que aún me entristece saber que tal vez si no hubiera demorado tanto lo habría vivido junto conmigo y hubiera cosechado el fruto de lo que sembró.

A mi Padre: FRANCISCO CLARA TLATENCHI.

Por su apoyo, por su carácter duro e incrédulo que despertó en mí las agallas para demostrar que no hay ningún obstáculo más los que se pone uno mismo para cumplir sus sueños.

A mi Hermano: ABRAHAM ELIAS CLARA ALVAREZ.

Por su compañía a lo largo de la vida, por su complicidad, por su apoyo y por su guía. Espero sirva también como ejemplo de que, ¡si se puede! y en poco tiempo, igualmente me consideres en tus agradecimientos cuando concluyas tus estudios.

A nuestro tutor: DR. GABRIEL LEON DE LOS SANTOS

Por su guía y apoyo para la culminación de este trabajo.

A mi Alma Mater: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Por los conocimientos adquiridos y por la visión humanística que me permitirán contribuir con el desarrollo de la ingeniería de mi país.

AI FIDE:

Por darme la oportunidad en mi primer empleo de poner en práctica los conocimientos adquiridos y haber tenido siempre el apoyo de las personas que laboran conmigo para la culminación de este trabajo.



## Resumen

El siguiente trabajo ofrece un panorama general del sector eléctrico actual en México y plantea la cogeneración como una alternativa de ahorro de energía eléctrica así como de eficiencia energética, en base a las necesidades de los principales sectores económicos del país.

El sector servicios es un área que se tiene muy poco estudiada para la cogeneración y sin embargo ofrece un gran potencial ya que en estas instalaciones tenemos un alto consumo tanto de energía eléctrica como de energía calórica.

En este proyecto se expondrá el caso de estudio de un Hotel en el que se tienen necesidades de agua caliente tanto para las habitaciones como para la alberca, además se buscará tener un ahorro de electricidad en horario intermedio y en pico ya que en estos intervalos de tiempo el costo de la electricidad es notablemente más caro.

Se analizarán las condiciones actuales de las instalaciones para obtener un diagnóstico energético de tal manera que se cubran aspectos como son las necesidades de agua caliente, de electricidad, la caracterización de la demanda, optimizando el uso de energía. Lo anterior, en base a los historiales de consumo tanto de combustible como de energía eléctrica.

A partir de esto tendremos las especificaciones del proyecto que deberán ser cubiertas con la propuesta técnico-económica que se haga, teniendo en cuenta los mayores ahorros posibles y los menores tiempos de recuperación en base a la inversión inicial, de tal manera que se desarrolle como un proyecto sustentable.

Finalmente, se presentará como alternativa de inversión el Programa de Financiamiento de Eficiencia Energética Fide (PEEF) que lleva a cabo el



Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (Fide), con el fin de promover e inducir este tipo de tecnologías.

## Introducción

Como se sabe, la energía es la capacidad para realizar un trabajo y su medición en el sistema internacional de unidades se hace en Joule. La energía está disponible en la naturaleza en varias formas, desde el punto de vista de la mecánica clásica se puede encontrar como energía potencial, energía cinética; la de origen electromagnético, que se subdivide en energía radiante, energía calórica, energía eléctrica; la de origen termodinámico, que se subdivide en energía interna y energía térmica; la energía química, la cual se manifiesta al hacer una reacción química como puede ser la combustión.

Todos estos tipos de energía son aprovechables en su forma natural para nuestras necesidades, por ejemplo la energía potencial se puede utilizar para el suministro de agua aprovechando el diferencial de alturas, la energía cinética se podría aprovechar al momento del frenado de los vehículos como ya se hace en algunos sistemas de transporte eléctrico, la energía calórica se usa en muchos procesos industriales así como en los hogares para llegar a la temperatura de confort; sin embargo, no siempre la energía se encuentra en la forma ideal para utilizarla en lo que se requiere y aún más difícil es encontrarla en el lugar en donde se utiliza, derivado de lo anterior se presenta el primer problema que es transportar la energía hasta el lugar de utilización. A continuación se da una breve descripción de algunas de las reservas energéticas con las que cuenta México.

La energía eléctrica muy pocas veces se encuentra en la naturaleza y cuando se presenta no se puede aprovechar ya que sus manifestaciones son muy violentas y poco factibles de controlar como por ejemplo las descargas atmosféricas; sin



embargo, es una de las formas de energía que nos brindan más ventajas, como el hecho de que su transporte es muy económico y tiene relativamente bajas pérdidas, sus formas de transformación son muy eficientes; por ejemplo, los motores eléctricos pueden alcanzar eficiencias superiores al 90%, mientras que los calentadores eléctricos realizan su conversión de energía con una eficiencia de más del 95% y las pérdidas en forma de calor derivadas de este proceso son relativamente bajas.

La energía eléctrica se obtiene a través de otros tipos de energía, como puede ser la quema de hidrocarburos la cual aprovecha la energía calorífica para mover una turbina conectada mecánicamente a un generador de energía eléctrica; este tipo de conversiones de energía y su transporte a los centros de consumo implican costos que generalmente absorbe el consumidor final; además de esto, con la energía eléctrica se evita la emisión de gases contaminantes en los centros de consumo, donde se concentran grandes cantidades de asentamientos humanos; con esto se contribuye a mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en estos lugares; además de obtener energía eléctrica por estos medios, de manera similar se puede obtener por la quema de carbón u otros materiales combustibles, aprovechando la energía potencial del agua almacenada en las presas, aprovechando la energía cinética del flujo de los ríos, por medio de energía solar, energía eólica obtenida del viento, la energía nuclear que aprovecha el calor generado de la fisión del átomo, la energía geotérmica que aprovecha el calor generado en el interior de la corteza terrestre.

En México, la producción de electricidad se puede dividir en dos tipos, la que se obtiene de combustibles fósiles que representa el 74.69 % de energía producida y la que se obtiene de combustibles no fósiles que representa el 25.31%, como se aprecia la gran mayoría se obtienen de procesos que implican la quema de



combustibles, lo que representa una gran producción de calor dentro de los mismos.

Los hidrocarburos son una de las principales formas de energía química con las que se cuenta, con ellos se obtienen otros tipos de energía como es la eléctrica ya que se utilizan en la gran mayoría de las termoeléctricas o se utilizan directamente ya sea para calentar alimentos o en procesos industriales que requieren altos contenidos de calor e incluso para mover vehículos; este tipo de combustible resulta poco eficiente en máquinas de combustión interna, ya que las mejores pueden llegar a tener eficiencias hasta de 30% y lo demás se desperdicia en forma de calor; mientras que en calderas o calentadores de agua pueden llegar a alcanzar eficiencias hasta del 80%, considerando el poder calorífico de las sustancias utilizadas. De estos combustibles se tienen en nuestro país unas reservas estimadas 54.6 miles de millones de barriles de petróleo crudo equivalente<sup>1</sup>.

Como ya se mencionó la mayor parte de la energía eléctrica se produce en procesos que implican calor, mucho de este calor no es aprovechado por que su temperatura no es la suficiente para emplearse en el movimiento de turbinas y se desecha hacia la atmósfera en forma de gases; sin embargo, el calor generado tiene la temperatura suficiente para emplearse en otros procesos, como pueden ser el calentamiento de agua para albercas, el acondicionamiento de aire en lugares con frío, etcétera. A esta forma de aprovechar las diferentes formas de energía que se generan a partir de una fuente de energía primaria se le llama cogeneración.

La cogeneración no es un proceso nuevo dentro de la industria, ya que desde principios del siglo XX se aprovechaba el calor generado por una combustión para mover motores y calentar las construcciones, este también es un tipo de

---

<sup>1</sup> (Secretaría de Energía, 2012)



cogeneración. En 1978 se obtuvo una patente para usar el desperdicio de vapor de un proceso industrial para accionar un motor de vapor y para el calentamiento de agua; como los anteriores, así podemos encontrar varios ejemplos a lo largo de la historia.<sup>2</sup>

Ya propiamente en el terreno de la energía eléctrica fué hasta principios del siglo pasado que se presentaron los primeros casos de cogeneración debido a la poca confiabilidad y disponibilidad del sistema eléctrico que había, estos casos se dieron en lugares como ingenios azucareros, en donde se ocupa calor y electricidad en los procesos; conforme fue mejorando la disponibilidad de energía eléctrica, aunado a los subsidios que se daban, la cogeneración se volvió inviable en aquellos años. Sin embargo, conforme han ido aumentando los precios de los energéticos la cogeneración se ha vuelto una vez más una opción para lograr reducir el consumo de recursos y promover el ahorro de energía eléctrica.

Actualmente se pueden aplicar sistemas de cogeneración en varios tipos de tecnologías utilizadas para la producción de energía eléctrica, como son las turbinas de vapor, las turbinas de gas, las plantas de ciclo combinado, de motor alternativo, microturbinas entre otras. Ya que todas ellas generan calor de residuo al llevar a cabo su proceso<sup>3</sup>.

Citando un poco el marco legal en el tema de cogeneración y de conformidad con la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), la Comisión Reguladora de Energía (CRE) es la entidad encargada de expedir los procedimientos de intercambio de energía y los sistemas correspondientes de compensaciones, para todos los proyectos y sistemas de cogeneración conectados al Sistema Eléctrico Nacional (SEN),

---

<sup>2</sup> (Pierce, 2000)

<sup>3</sup> (CONAE, 2012)





mientras que la venta de energía que se genere a través de este tipo de procesos estará sujeta a la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE).<sup>4</sup>

Actualmente existen financiamientos en el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (Fide) a quienes elaboren proyectos de micro-cogeneración con el objetivo de tener un ahorro de energía eléctrica dentro de sus procesos, además se analiza en el congreso la posibilidad de una reforma a la fracción XII del artículo 40 de la Ley del Impuesto Sobre la Renta (ISR) la cual beneficiará en un 100 por ciento deducible de dicho impuesto en el año en que se realice la inversión, a quienes inviertan en maquinaria y equipo para los sistemas de cogeneración de electricidad<sup>5</sup>

Para analizar si los sistemas de cogeneración son económicamente viables se debe conocer el contexto en el que se ubica el mercado de la energía, desde el costo de los energéticos que, como ya se mencionó antes, son en su mayor parte combustibles fósiles hasta los precios a los que se vende al consumidor final (tarifas eléctricas).

Para garantizar el suministro constante de energía eléctrica, se toman en cuenta diversos factores, sobre todo los relacionados con el tema de la generación. La carga en un cierto instante de tiempo puede suministrarse en una gran variedad de formas. La asignación de unidades y su salida de potencias activa y reactiva es un problema conocido y definido como despacho óptimo. El objetivo del despacho de generación, básicamente radica en minimizar los costos de producción de energía eléctrica, para tal fin se analizan elementos como son: demanda, tipo de unidades generadoras, combustibles, necesidades del sistema, etc.

---

<sup>4</sup> (Camara de Diputados, 2012)

<sup>5</sup> (Abud, 2012)



El costo de la energía expresado en unidades monetarias por kWh, varía ampliamente entre los distintos tipos de unidades, su operación y mantenimiento.

El costo más elevado en la operación de una central térmica por ejemplo, es la materia prima para producir energía, que puede ser:

- Gas Natural
- Diesel combustóleo
- Carbón
- Uranio
- Otros

El costo del combustible por unidad de energía (kWh) también depende de la eficiencia de la planta, el costo del combustible y el factor de utilización (factor de capacidad) de la planta, que es función de la cantidad de energía por año.

$$\text{Costo de combustible (CC)} = (\text{Potencias neta de salida}) \times (\text{horas de operación}) \times (\text{consumo de calor kJ/kWh}) \times (\text{costo de la unidad de combustible €/kJ})^6$$

Para llevar a cabo la recuperación el costo antes mencionado, en el país se aplican los siguientes códigos de tarifas<sup>7</sup> por concepto del suministro de energía eléctrica.

Tarifas Específicas:

- Servicios Públicos: 5, 5-A, 6
- Agrícolas: 9, 9M, 9CU, 9-N
- Temporal: 7
- Acuícola: EA

---

<sup>6</sup> (José Sancho García, 2006)

<sup>7</sup> (Comisión Federal de Electricidad, 2012)



#### Tarifas Generales:

- En Baja Tensión: 2, 3
- En Media Tensión: O-M, H-M, H-MC
- En Media Tensión con cargos fijos: OMF, HMF, HMCF
- En Alta Tensión: HS, HS-L, HT, HT-L
- En Alta Tensión con cargos fijos: HSF, HS-LF, HTF, HT-LF
- Servicio de respaldo: HM-R, HM-RF, HM-RM, HS-R, HS-RF, HS-RM, HT-R, HT-RF, HT-RM
- Servicio ininterrumpible: I-15, I-30

#### Tarifas Domésticas:

- DAC: 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F

Como se puede observar existen diferentes formas de hacer el cobro de energía, dependiendo el área geográfica, el horario, la zona, la cantidad de energía consumida, entre otras. Debido a lo anterior, al realizar un proyecto debemos considerar cuál es la forma más adecuada en la que nos deben de cobrar la energía requerida y la manera de aprovechar de forma óptima la energía; por eso durante este trabajo plantearemos un método de hacer proyectos de manera eficiente, el método es aplicable a aquellos procesos que tienen implícita la producción de energía eléctrica y de grandes cantidades de calor a la vez, a este método se le llama cogeneración. La cogeneración recupera este calor desperdiciado y lo transforma dándole una utilidad, normalmente en vapor o en agua caliente, que suelen usarse para una gran variedad de procesos, sistemas de calefacción, refrigeración, etc. Mediante la recuperación del calor que producimos con la generación de energía, la eficiencia de la conversión crece sustancialmente. En este caso de estudio, el sistema de cogeneración funcionará además, como generador de agua caliente para baños y aclimatación del agua de las albercas.



Al generar electricidad mediante una dínamo o alternador, movidos por un motor térmico o una turbina, el aprovechamiento de la energía química del combustible es del 25% al 40% solamente, mientras el resto debe disiparse en forma de calor. Con la cogeneración se aprovecha una parte importante de la energía térmica que normalmente se disiparía a la atmósfera o a una masa de agua y evita volver a generarla con una caldera. Además, evita los posibles problemas generados por el calor no aprovechado y reduce el impacto ambiental.

A partir de la profundización en estos datos llegaremos al análisis de la viabilidad técnica para llevar a cabo un proyecto de cogeneración de tal manera que se logren los mayores ahorros y los mejores costos para lograr un tiempo de recuperación lo menor posible.

En este proyecto se pretende proponer y evaluar la viabilidad técnica y económica de un sistema energético con base en cogeneración para una instalación en el sector servicios; así como conocer y evaluar el proceso mediante el cual se obtiene un financiamiento por parte del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica.

El sector servicios y en específico el ramo hotelero, es uno de los que por sus actividades tiene altos consumos de energía, tanto de combustible utilizado para el calentamiento de agua para albercas y uso sanitario, así como de electricidad utilizada en instalaciones y la constante necesidad de disponibilidad y confiabilidad del suministro de energía con el fin de brindar un mejor servicio; representa al candidato ideal para implementar sistemas pequeños de cogeneración ya que les ofrece una solución conforme a sus necesidades de calor para el calentamiento de agua y electricidad para las instalaciones.

Para empezar, plantaremos los antecedentes de las instalaciones en cuanto a su consumo energético para conocer las necesidades y a partir de ello hacer un análisis técnico sobre las capacidades a utilizar y plantear las metas del proyecto, posteriormente haremos una propuesta para realizar dicho proyecto fijando como



## Planteamiento y evaluación técnico-económico de un proyecto de Eficiencia energética en el sector servicios, en base a cogeneración

parámetros la mejor eficiencia energética, el menor costo y el menor tiempo de recuperación.



## **CAPITULO 1 ANTECEDENTES**

### **1.1. Introducción**

Antes de empezar el análisis de este proyecto se debe tener una idea del marco general en el cual estará ubicado el proyecto y en este capítulo se hará un análisis de lo que es la energía y las implicaciones que tiene en la vida diaria, así como las diferentes formas que hay para producirla y los desperdicios de energía inherentes a este proceso en sus muy variadas formas; además de esto, se hará un análisis sobre el medio ambiente y la cada vez más creciente demanda que tiene la energía lo cual nos hace pensar en métodos y máquinas que hagan más eficiente y aprovechable la energía en cualquiera de sus manifestaciones.

También se hará un repaso de lo que son los sistemas eléctricos de potencia y su implicación dentro de la forma en la cual se distribuye la energía eléctrica por lo largo y ancho del territorio, esto con el objetivo de tener un panorama sobre donde se encuentran los centros de producción de energía y consumo; así como las formas de transportar la energía entre ambos.

Además de esto se elaborará un resumen de los diferentes procesos industriales que son base para el desarrollo del país, las formas en las que consumen energía y un breve análisis de los que pueden aprovechar el calor de desecho para complementarlo con un proceso de cogeneración de energía eléctrica, en este punto también se hará una presentación de las diferentes tecnologías que existen para aprovechar la energía en forma de calor y de energía eléctrica. Adicional a esto se comparará el costo de las diferentes presentaciones de los combustibles en forma de gasolina, diesel y gas; así como de la energía eléctrica, desde varias perspectivas que incluyen los costos de transporte en ambas opciones.



También un aspecto importantísimo a considerar es el marco legal en el que se hará una breve descripción de los permisos y las reglas que hay alrededor de proyectos como el que se pretende empezar, por lo que al final del capítulo se tendrá una perspectiva más amplia de lo que se necesita para implementarlo, se podría decir que tendremos las bases y herramientas para comenzar la planeación.

## **1.2. Energía y medio ambiente**

En México, existe una entidad encargada de analizar los aspectos relacionados con la energía, esta es la Secretaria de Energía (SENER). Entre sus funciones está la de establecer y conducir la política energética del país, supervisando su cumplimiento con prioridad en la seguridad y diversificación energética, el ahorro de energía y la protección del medio ambiente.

Por eso en el marco de la Ley Orgánica de Administración Pública Federal (LOAPF), el presidente de la republica a través de la SENER debe enviar para que sea ratificada en un plazo máximo de 30 días, la Estrategia Nacional de Energía con una proyección a 15 años, con la participación del Consejo Nacional de Energía.

Para hacer esta proyección el documento debe estar constituido en tres ejes rectores que son: Seguridad Energética, Eficiencia económica y Productiva y Sustentabilidad Ambiental. El primero se refiere al hecho incrementar la disponibilidad y diversificar el uso de energéticos, asegurando la infraestructura para un suministro suficiente, confiable, a precios competitivos y de alta calidad; también se busca satisfacer las necesidades energéticas básicas de la población presente y futura; además de fomentar el desarrollo de recursos humanos y tecnológicos para el aprovechamiento eficiente de la energía.

En cuanto a la eficiencia económica y productiva se busca proveer la energía demandada al menor costo posible; garantizar una oferta suficiente, continua, de



alta calidad y a precios competitivos; aprovechar de manera eficiente los recursos energéticos; promover que las Empresas del Estado en el sector energético sean competitivas, eficientes financiera y operativamente, con capacidad de autogestión y sujetas a transparencia y a rendición de cuentas; desarrollar proyectos de inversión en infraestructura adoptando las mejores políticas.

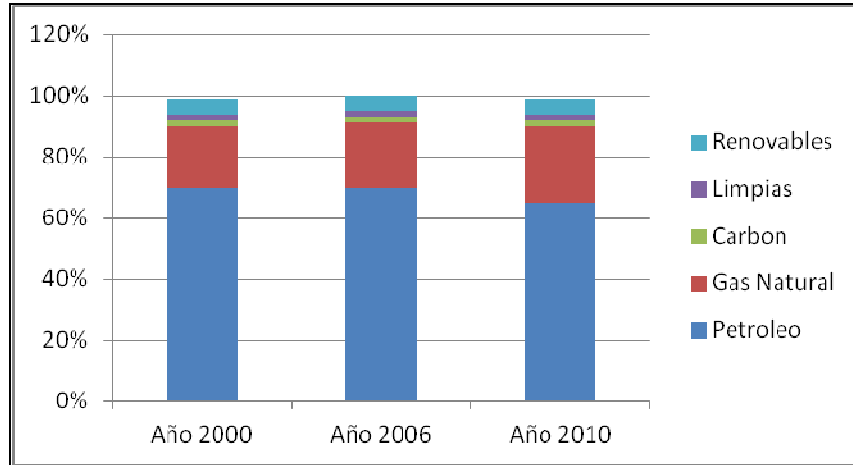
En lo que se refiere a Sustentabilidad Ambiental, se plantean objetivos como reducir, de manera progresiva, los impactos ambientales asociados a la producción y consumo de energía; hacer uso racional del recurso hídrico y de suelos en el sector energético, y realizar acciones para remediar los impactos ambientales en las zonas afectadas por las actividades relacionadas con la producción y consumo de energéticos.

A partir de esta estrategia se debe planificar como poder cumplir con los objetivos de estos ejes rectores, para empezar se debe diversificar las fuentes de energía, dando prioridad al incremento en la participación de las tecnologías no fósiles, esto con la finalidad de prevenir y garantizar la seguridad energética y reducir los riesgos asociados a cambios políticos y económicos que derivan en la inestabilidad de los precios de los combustibles.

Actualmente, por las condiciones de evolución histórica, el consumo de energía está concentrado en las fuentes de energía fósiles, como son el petróleo, el gas natural o el carbón. De tal manera que en el año 2000 representaron el 92% del total de producción en energía primaria, mismo porcentaje que se utilizó en 2010, en la siguiente imagen se puede observar como ha ido evolucionando la producción de energía a partir de diferentes fuentes primarias.



**Imagen 1: Producción de Energía primaria por fuentes 2010,**



**Fuente: Secretaría de Energía**

Como podemos observar, la producción de energía sigue siendo en su mayor parte por fuentes fósiles, las cuales implican la quema de estos combustibles y su consecuente emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) mientras que la energía “limpia” representa apenas<sup>8</sup> el 2% de la producción total de energía, esto lo debemos considerar si queremos que se cumplan los objetivos para el país, ya que podemos ver que en el aspecto medioambiental, seguimos produciendo gran cantidad de energía a partir de fuentes que son más agresivas a los ecosistemas.

### 1.3. Energía renovable y eficiencia energética

El consumo exponencialmente creciente de combustibles fósiles ha desencadenado una gran cantidad de problemas, éstos problemas podemos englobarlos básicamente en tres tipos: medioambientales, sostenibilidad y sociales-políticos. El primero es un factor fundamental para el calentamiento global, debido al efecto invernadero creciente provocado por el incremento en la concentración de

<sup>8</sup>(Secretaría de Energía, 2012)



CO<sub>2</sub> en la atmósfera, que se viene produciendo desde que comenzó la revolución industrial. El segundo caso se refiere al agotamiento de las fuentes energéticas tradicionales (entendiendo este concepto, como las fuentes energéticas usadas con mayor frecuencia en la actualidad), como son los combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural. Finalmente el tercer caso radica en la dependencia extrema que padecen las sociedades llamadas desarrolladas, con respecto a los combustibles fósiles, así como la localización de este tipo de fuentes energéticas en puntos del planeta muy conflictivos y que en varias ocasiones son motivo de guerras.

En el marco anterior, surge a nivel mundial la necesidad de buscar fuentes de energía alternas que reduzcan visiblemente la dependencia a combustibles fósiles que a su vez reduzcan los niveles de CO<sub>2</sub> emitidos a la atmósfera.

### **1.3.1. Definición**

Para efectos legales son aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica.

También se denomina energía renovable a la energía, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.<sup>9</sup>

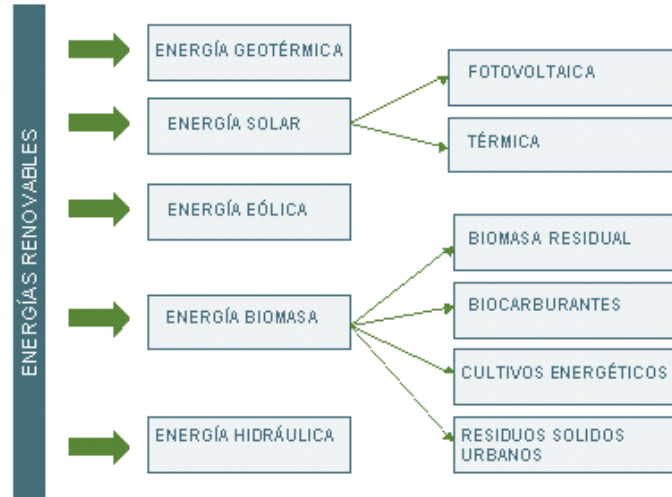
### **1.3.2. Clasificación**

Las energías renovables, pueden clasificarse de acuerdo a su fuente de generación, a continuación una breve descripción de ellas.

---

<sup>9</sup> (García, 2011)

### Imagen 2 Clasificación de Energías Renovables

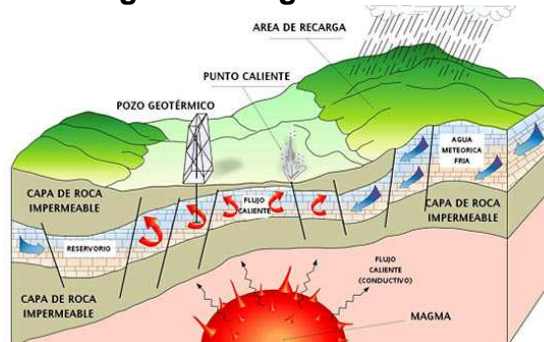


Fuente: <http://angelicacienciaatualcancez.blogspot.mx>, consultado: 1 de julio 2012

#### ➤ Energía Geotérmica:

Se define como energía geotérmica a la que se encuentra en el interior de la tierra en forma de calor, como resultado de la desintegración de elementos radiactivos y el calor permanente que se originó en los primeros momentos de formación del planeta. Se manifiestan como volcanes, geiseros y aguas termales, como se muestra en la siguiente imagen.

### Imagen 3 Energía Geotérmica



Fuente: [www.cienciaespacial.com](http://www.cienciaespacial.com), consultado: 1 de julio 2012



**Ventajas:**

- Fuente que evitaría la dependencia energética del exterior.
- Los residuos que producen en procesos de producción de energía eléctrica, son mínimos y ocasionan menor impacto ambiental que los generados por combustibles fósiles (incluyendo emisiones de CO<sub>2</sub>).
- Ahorro energético y económico.
- Ausencia de contaminación por ruido.
- Mayores recursos que en combustibles fósiles.
- No está sujeto a precios internacionales, por lo que podría mantenerse a precios nacionales.
- El área superficial en este tipo de planta para la generación por mega watt, es menor.

**Desventajas:**

- Contaminación de aguas próximas y emisión de ácido sulfúrico.
- Contaminación térmica.
- Deterioro del paisaje.
- No se puede transportar como energía primaria.
- No está disponible más que en determinados lugares.

**Usos:**

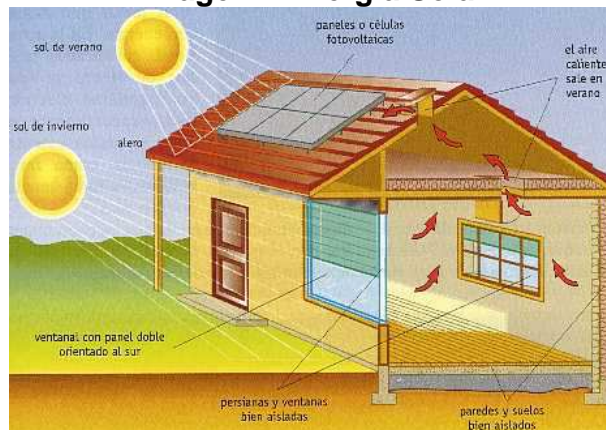
- Generación eléctrica.
- Aprovechamiento directo de calor (calefacción y enfriamiento).

➤ **Energía Solar**

Es la energía obtenida mediante la captación de luz y calor emitidos por el sol. Esta energía puede ser transformada en energía eléctrica (Sistemas

fotovoltaicos) o energía térmica (Sistemas fototérmicos). *Los Sistemas Fotovoltaicos*, funcionan por medio del Efecto Fotoeléctrico a través del cual la luz solar se convierte en electricidad sin usar ningún proceso intermedio. Los dispositivos donde se lleva a cabo la transformación de luz solar en electricidad se llaman Generadores Fotovoltaicos y a la unidad mínima en la que se realiza dicho efecto Celdas Solares, que al conectarse en serie y/o paralelo se forman los paneles fotovoltaicos. Los *Sistemas Fototérmicos* funcionan por medio de la conversión de la luz solar en calor sobre superficies que transfieren dicha energía a fluidos de trabajo para producción de calor de proceso. Esto se puede conseguir por medio de dispositivos planos con superficies selectivas o por medio de dispositivos de concentración de radiación con superficies especulares y selectivas, en la siguiente imagen se muestra un sistema de energía solar alimentando una casa.

**Imagen 4 Energía Solar**



**Fuente: [www.tecnun.es](http://www.tecnun.es), consultado: 1 de julio 2012**

### **Ventajas:**

- Energía no contaminante.



- Fuente inagotable de energía.
- Fácil mantenimiento.
- El costo disminuye a medida de que la tecnología va avanzando.
- Puede usarse en sistemas aislados o incorporados a la red eléctrica.

#### **Desventajas:**

- Los niveles de radiación varía dependiendo de la zona y de la estación del año.
- Según la energía requerida, es la extensión requerida para su instalación.
- Inversión inicial alta.

#### **Usos:**

- Generación eléctrica.
- Calentamiento de agua.
- Destilación.
- Evaporación.
- Fotosíntesis.
- Refrigeración e Iluminación.

#### ➤ Energía Eólica

Se define como la energía originada por el viento, debido a la energía cinética generada por los movimientos de las masas de aire que se desplazan de área de acuerdo a la presión atmosférica. Lo anterior como consecuencia del calentamiento no uniforme de la superficie terrestre.

### Imagen 5 Energía Eólica



Fuente: <http://ecopue.mx>, consultado: 1 de julio 2012

#### Ventajas:

- Energía limpia ya que no produce residuos contaminantes ni emisiones atmosféricas (de CO<sub>2</sub>).
- Puede instalarse en lugares no aptos para otros fines o convivir con otros usos de suelo.
- Instalación rápida.

#### Desventajas:

- La existencia de viento no es constante y se requiere una velocidad mínima para su operación. Por lo que no puede ser utilizada como única fuente de energía eléctrica.
- Su producción varía de acuerdo a la velocidad del viento, además tiene un tope de generación máximo que depende del diseño del aerogenerador.
- Debido a sus requerimientos de instalación, el transporte de la energía generada se vuelve más compleja.
- Causan inestabilidad a la red, debido a los huecos de tensión que presentan.



- No se puede prever la generación con antelación.

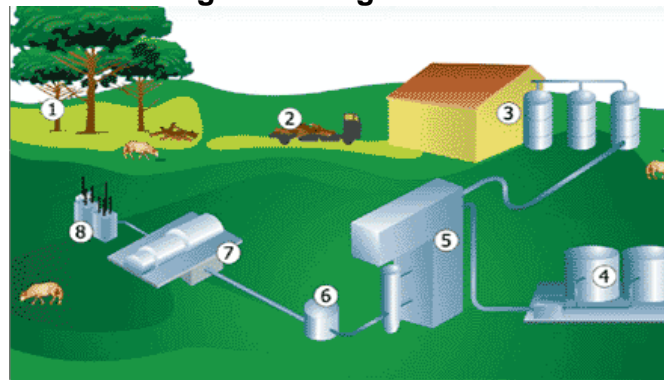
**Usos:**

- Generación eléctrica.
- Bombeo de agua.
- Molienda de granos.

➤ **Energía Biomasa**

Se define como la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía; se refiere al aprovechamiento de la materia orgánica e industrial formada en algún proceso biológico o mecánico, generalmente, de las sustancias que constituyen los seres vivos (plantas, ser humano, animales, entre otros), o sus restos y residuos, en la siguiente imagen se muestra un sistema a base de biomasa.

**Imagen 6 Energía Biomasa**



- |  |                           |
|--|---------------------------|
| ① Cultivo y recolección de madera        | ⑥ Recuperación de calor   |
| ② Transporte de madera                   | ⑦ Condensador y generador |
| ③ Almacenamiento y procesado de biomasa  | ⑧ Transformadores         |
| ④ Almacenamiento de combustible de apoyo | ⑨ Líneas de transporte    |
| ⑤ Caldera                                |                           |

**Fuente: [www.colegiopioxii.com](http://www.colegiopioxii.com), consultado: 1 de julio 2012**





### **Ventajas:**

- Renovable y ecológica.
- Su combustible es mucho más barato que los combustibles fósiles.
- Ayuda al sector agrícola.
- Aprovecha residuos y colabora con la limpieza forestal.
- Fomentan la independencia energética de industrias de acuerdo a su proceso.

### **Desventajas:**

- Precio: las calderas de biomasa son las más caras.
- Necesitan espacio para almacenar el combustible además de que regularmente se tiene que transportar el combustible.

### **Usos:**

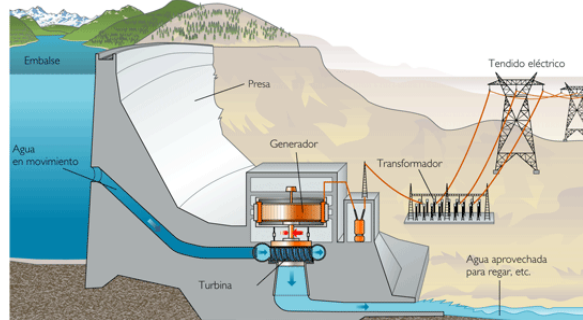
- Generación eléctrica.
- Biocombustibles

#### ➤ Energía Hidráulica

Se define como la energía del agua en movimiento, en ríos, mares, cascadas, océanos u otros cauces. La energía hidráulica obtenida puede presentarse de dos formas: Energía potencial (en razón de su posición de altura frente a un nivel de referencia) o Energía cinética (que corresponde a la desarrollada en su movimiento), en la siguiente imagen se puede observar un sistema en el cual se genera energía a partir de energía hidráulica



### Imagen 7 Generación Energía Hidráulica



Fuente: <http://tecnologiaenlaeso.wikispaces.com>, consultado: 1 de julio 2012

#### Ventajas:

- Energía Renovable, limpia y de alto rendimiento energético
- Energía inagotable
- Bajo costo de mantenimiento
- Eliminación parcial de los costos de combustibles

#### Desventajas:

- Impacto ambiental severo en los lugares donde se construyen estos tipos de presas, embalses y plantas de generación afectando ecosistemas, causando inundaciones e infertilidad de la tierra

#### Usos:

- Accionamiento de molinos
- Transporte de mercancías mediante barcazas
- Generación de energía eléctrica



### 1.3.3. Eficiencia Energética

A partir de la irrupción del petróleo como la fuente de energía más utilizada en los países industrializados, las Naciones Unidas dan a conocer el primer texto metodológico para la elaboración de balances energéticos, cuyos objetivos fundamentales son la clasificación, cuantificación y homogeneización, como paso previo a la valoración de las fuentes energéticas utilizadas en los procesos productivos. Mediante estos balances se caracterizan las energías utilizadas, se cuantifican y se comparan en base a una unidad común.

Las energías primarias (energías que se encuentran en la naturaleza: petróleo, gas natural, agua, viento), secundarias (las que sufrieron algún proceso de transformación: gasolina, coque), finales (aquellas que su reutilización ya no es posible) son resultado del flujo de materia y energía hasta su consumo final. Los balances también pueden incluir como se relaciona el consumo final directo del conjunto de sectores que componen la demanda interna con el consumo de energía primaria total de un país, resultando así la cuantificación de la eficiencia del sector energético en su conjunto.

En el contexto anterior es importante definir el concepto de *eficiencia energética como la obtención de los mismos bienes y servicios energéticos, pero con mucha menos energía, con la misma o mayor calidad de vida, con menos contaminación, a un precio inferior al actual, alargando la vida de los recursos y con menos conflicto.*<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> (Asociación de Ecologistas en Defensa de la Naturaleza, 2012)



## **1.4. Sistemas eléctricos de potencia**

Con el descubrimiento de la electricidad y el rentable desarrollo de su utilización comercial, se ha convertido en la actualidad en un factor indispensable para el desarrollo de la humanidad. El desarrollo y la búsqueda continua de fuentes energéticas que permitan obtener la mayor cantidad de energía aprovechable, sin pérdidas y produciendo las menores afectaciones al ambiente, se han convertido en factores muy importantes en la planeación estratégica nacional de todos los países en vías de desarrollo.

El desarrollo de grandes fuentes de energía para la ejecución de trabajos útiles ha sido la clave para el progreso industrial y factor esencial en la mejora de la calidad de vida de la sociedad moderna.

Derivado de lo anterior, el proceso de hacer llegar la energía eléctrica desde las fuentes hasta los consumidores requiere de estructuras cada vez más complejas denominadas Sistemas de Potencia, los cuales además de contemplar el modo operativo en estado normal, también debe de contemplar los diferentes disturbios a los que se encuentra expuesto el sistema.

### **1.4.1. Definición**

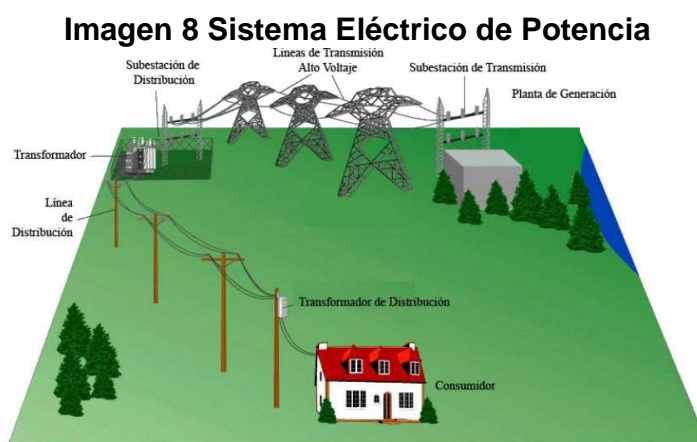
Una de las definiciones más completa es la establecida por el Institute of Electrical and Electronics Engineer (IEEE- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), la cual se cita textualmente como sigue:

Un sistema de potencia es una red formada por unidades generadoras eléctricas cargas y/o líneas de transmisión de potencia, incluyendo el equipo asociado, conectado eléctricamente o mecánicamente a la red.

En otras palabras es la red eléctrica de potencia que se encarga de generar, transmitir y distribuir la energía eléctrica, hasta los consumidores.

#### 1.4.2. Estructura

*Un sistema eléctrico de potencia es un conjunto de elementos que constituyen la red eléctrica de potencia siendo su función generar, transmitir y distribuir la energía eléctrica hasta los usuarios, bajo ciertas condiciones y requerimientos.*<sup>11</sup>



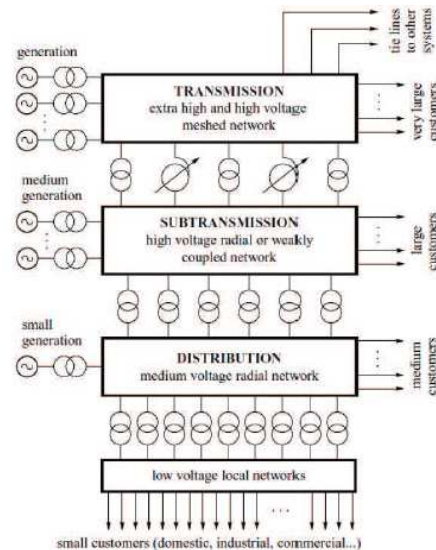
**Fuente: Introducción a los Sistemas de Potencia. Francisco M, González Longatt**

---

<sup>11</sup> (González-Longatt, 2008)



**Imagen 9 Estructura de un sistema eléctrico de potencia actual**



**Fuente: P. Kundur, "Power Systems Stability and Control", Epri**

En los diagramas anteriores se muestran estructuras de diagramas de potencia, en el primero se pueden observar en forma física los diagramas y en el otro se puede ver un diagrama que representa un sistema eléctrico de potencia.

De acuerdo a la función que desempeñan y a los niveles de tensión que manejan, los Sistemas Eléctricos de Potencia pueden subdividirse en:

- Sistema de Generación
- Sistema de Transmisión
- Sistema de Distribución

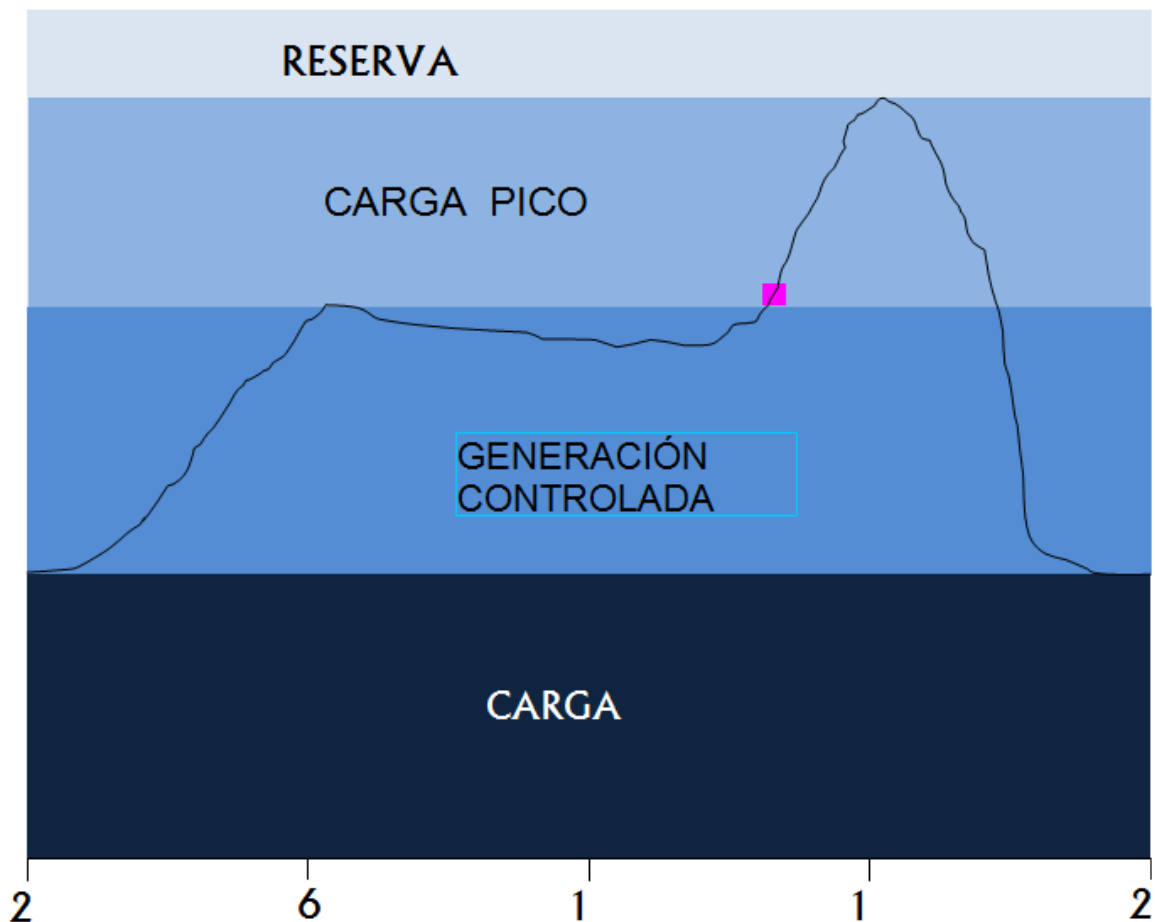
### **Sistemas de Generación:**

Se encarga de entregar la energía eléctrica al sistema, esto a partir de la transformación de distintos tipos de energía primaria. El conjunto de unidades generadoras recibe el nombre de centrales o plantas de generación, el tipo de central depende de su ubicación y las condiciones físicas de la fuente de

utilización. La selección del tipo de central de generación se realiza por criterios técnicos y económicos.

La imagen 11 ilustra la manera en que en un sistema eléctrico de potencia puede satisfacer la demanda durante un día.

**Imagen 10: Estrategia de generación para satisfacer la demanda diaria**



Fuente: Instituto Tecnológico de Morelia., Departamento de Ing. Eléctrica, J. Horacio Tovar H. © 2005

Según el tipo de servicio que proporcionen las diversas centrales del sistema, podemos distinguir las siguientes:



**Unidades de Carga Base.** La integran los generadores que operan a un 100% de su capacidad sobre una base de 24 horas. Ejemplo típico unidades nucleares debido a su necesidad de mantener los reactores nucleares y el sistema de vapor en un balance térmico, es deseable mantener la potencia de salida de estas unidades a un nivel constante tanto como sea posible. También, las grandes unidades generadoras termoeléctricas basadas en carbón o combustóleo, normalmente se mantienen en puntos de operación constantes.

**Unidades Intermedias o controlables.** Están conectados al sistema durante casi todo este periodo de tiempo, pero no necesariamente a plena carga. Cuando la salida de potencia debe regularse, las turbinas hidráulicas son la selección más conveniente. La potencia de salida de un hidrogenerador se controla simplemente cambiando el flujo de agua a través de la turbina. No todas los sistemas eléctricos cuentan con este recurso y deben usar unidades termoeléctricas.

**Unidades Pico.** Son mantenidas conectadas en el sistema únicamente durante unas pocas horas todos los días, los generadores con turbinas de gas pueden tomar carga muy rápidamente y son usadas para propósitos de satisfacer los incrementos rápidos de demanda que ocurren durante el periodo de carga pico. Sin embargo, estas unidades tienen costos de producción mayores y son de relativa baja capacidad, de modo que no son usadas durante los periodos de carga intermedia (media) o base. Además, los hidrogeneradores son una excelente opción para satisfacer los incrementos de carga durante el periodo pico.

**Unidades de Reserva.** Se requieren para enfrentar situaciones de emergencia (incrementos de carga no previstos o salidas repentinas de generación). El margen requerido de generación puede consistir de generadores que tengan sus potencias de salida por debajo de sus nominales, de modo que mantengan una capacidad adicional sincronizada (rodante). Adicionalmente, puede considerarse los casos en





que unidades generadoras puedan sincronizarse en lapsos de tiempo de algunos minutos (10 por ejemplo).

Tipos de Generación:

- Generación Térmica
- Generación Hidráulica
- Generación Nuclear
- Generación Mareomotriz
- Generación Solar
- Generación Eólica
- Generación por Biomasa

Sistema de Transmisión:

La ubicación de las centrales de generación propicia a transportar grandes cantidades de energía eléctrica generada a través de grandes distancias de manera que lleguen a los centros de consumo, para lo cual se utilizan las redes de transmisión. También sirven como interconexión. Los sistemas de transmisión constan esencialmente de los siguientes elementos:

- Estaciones de transformaciones elevadoras
- Líneas de transmisión
- Estaciones de maniobra
- Estaciones transformadoras reductores

Para el transporte de grandes potencias se usan universalmente los sistemas de corriente alterna por la simplicidad de los grandes generadores y transformadores, la tensión de transmisión puede ser adaptada a las necesidades del servicio con mayor sencillez y economía que en caso de sistema de corriente continua.



### Sistema de Distribución:

Este sistema es el encargado de proporcionar la energía eléctrica al usuario final, está compuesto por líneas y dispositivos en baja tensión. Dentro de este sistema se pueden distinguir dos niveles bien diferenciados:

- Sistema de Distribución Primaria
- Sistema de Distribución Secundaria

Distribución primaria: Comienza a la salida de las subestaciones de distribución, de este punto los circuitos de subtransmisión alimentan a los transformadores de distribución. Las subestaciones de distribución transforman este voltaje al de los denominados alimentadores primarios, el voltaje de los circuitos se encuentra generalmente entre los 2.4 y 13.8 kV. En este nivel pueden ser alimentados ciertos consumidores especiales como industrias. Se caracterizan por estar conectados a un solo punto o SE de distribución, su capacidad de transporte no supera los 5 MVA.

Distribución Secundaria: Los transformadores de distribución reducen el voltaje primario al voltaje secundario o de utilización, la energía se distribuye, por último a través de los circuitos secundarios de distribución hasta las acometidas individuales. Esta parte del sistema corresponde a los menores niveles de potencia y tensión estando más cerca del consumidor promedio.



## **1.5. Procesos industriales y Cogeneración**

### **1.5.1. Procesos industriales con potencial de cogeneración.**

Un proceso desde la perspectiva de la industria tiene como objetivo la transformación de un producto o materia prima en otro que resulte más útil para un determinado fin.

En la industria existen muchos procesos en los cuales es inherente la producción de grandes cantidades de calor que en la mayoría de las ocasiones son desechados a la atmósfera terrestre, esto representa grandes pérdidas tanto económicas como desde el punto de vista energético, estos costos económicos generalmente son absorbidos por los productos finales producidos en dichos procesos, a continuación se hace una descripción de algunos de los procesos industriales en los que se tiene potencial para la generación de energía eléctrica y energía térmica.

#### **Industrias con Potencial de Cogeneración**

Son todas aquellas que necesiten energía térmica y eléctrica para su proceso:

- Pulpa y Papel
- Azúcar y Alcohol
- Química
- Petroquímica
- Metalurgia
- Industria alimenticia
- Industria maderera
- Minería
- Textiles



- Hotelera
- Gas y Petroquímica

A partir de todas estas industrias las podemos dividir en tres principales rubros que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 1 Potencial total nacional de cogeneración**

Sector	Máximo teórico (MW)	Técnicamente factible (MW)	Económicamente factible (MW)	Potencial máximo con excedentes en la industria (MW)
Industrial	2,630	2,286	1,989	6,085
Azucarero	979	979	979	979
Pemex	3,100	3,100	3,100	3,100
<b>TOTAL</b>	<b>6,710</b>	<b>6,365</b>	<b>6,069</b>	<b>10,164</b>

Fuente: CONUEE

Como podemos ver es amplio el potencial de cogeneración que se tiene en México y a continuación presentamos las tecnologías con la que este potencial puede ser explotado.

## 1.5.2. Tecnologías de cogeneración

### 1.5.2.1. Cogeneración con Turbinas de Vapor

En esta configuración la energía mecánica es producida en una turbina, acoplada a un generador eléctrico, mediante la expansión de vapor de alta presión generado en una caldera convencional. En este sistema la eficiencia global es del orden del 85 al 90% y la eléctrica del 20 al 25%.



Las turbinas de vapor se dividen en tres tipos: a contrapresión, a extracción y a condensación.

En las turbinas de contrapresión la principal característica es que el vapor, cuando sale de la turbina, se envía directamente al proceso sin necesidad de contar con un condensador y equipo periférico, como torres de enfriamiento.

En la turbina de extracción/condensación, una parte del vapor puede extraerse en uno o varios puntos de la turbina antes de la salida al condensador, obteniendo así, vapor a proceso a varias presiones, mientras que el resto del vapor se expande hasta la salida al condensador.

Estos sistemas se aplican principalmente en aquellas instalaciones en las que la necesidad de energía térmica respecto a la eléctrica es de 4 a 1 o mayor.

#### **1.5.2.2. Cogeneración con Turbinas de Gas**

En este arreglo un compresor alimenta aire a alta presión a una cámara de combustión en la que se inyecta el combustible, que al quemarse generará gases a alta temperatura y presión, que a su vez, alimentan a la turbina donde se expanden generando energía mecánica que se transforma en energía eléctrica a través de un generador acoplado a la flecha de la turbina.

Los gases de escape tienen una temperatura que va de 500 a 650 °C. Estos gases son relativamente limpios y por lo tanto se pueden aplicar directamente a procesos de secado, o pueden ser aprovechados para procesos de combustión posteriores, ya que tienen un contenido de oxígeno de alrededor del 15%. Debido a su alta temperatura, estos gases suelen ser empleados a su vez, para producir vapor, que



se utiliza en los procesos industriales e inclusive, como veremos más adelante para generar más energía eléctrica por medio de una turbina de vapor.

La cogeneración con turbina de gas resulta muy adecuada para los procesos en los que se requiere de una gran cantidad de energía térmica, o en relaciones de calor/electricidad mayores a 2.

### **1.5.2.3. Cogeneración con Ciclo Combinado**

Este sistema se caracteriza porque emplea una turbina de gas y una turbina de vapor. En este sistema los gases producidos en la combustión de la turbina de gas, se emplean para producir vapor a alta presión mediante una caldera de recuperación, para posteriormente alimentar la turbina de vapor, sea de contrapresión o extracción-condensación y producir por segunda vez energía eléctrica, utilizando el vapor a la salida de la turbina o de las extracciones para los procesos de que se trate. El ciclo combinado se aplica en procesos donde la razón electricidad/calor es mayor a 6.

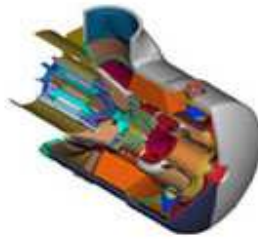
### **1.5.2.4. Cogeneración con Motor Alternativo**

El motor alternativo genera la mayor cantidad de energía eléctrica por unidad de combustible consumido, del 34 al 41%, aunque los gases residuales son a baja temperatura, entre 200 y 250 °C. Sin embargo, en aquellos procesos en los que se puede adaptar, la eficiencia de cogeneración alcanza valores similares a los de las turbinas de gas (85%). Con los gases residuales se puede producir vapor de baja presión (de 10 a 15 kg/cm<sup>2</sup>) o agua caliente de 80 a 100 °C.

### 1.5.2.5. Cogeneración con microturbinas

Las microturbinas difieren sustancialmente de la mayoría de los métodos tradicionales de generación de energía eléctrica usados en la industria, con emisiones sumamente bajas, y que resultan particularmente útiles en muchísimas aplicaciones industriales y comerciales. Una microturbina es esencialmente una planta generadora de potencia miniatura, autocontenida, que genera energía eléctrica y calorífica en rangos desde 30kW hasta 1.2MW en paquetes múltiples (multipacks). Tiene una sola parte móvil, sin cajas de engranes, bombas u otros subsistemas, y no utiliza lubricantes, aceites o líquidos enfriantes, en la siguiente imagen se muestra a grandes rasgos una microturbina

**Imagen 11 Microturbina Capstone**



**Fuente:** <http://www.capstoneturbine.com>, consultado el 16 de agosto de 2012

Estos equipos pueden usar varios tipos de combustibles tanto líquidos como gaseosos, incluyendo gas amargo de pozos petroleros con un contenido amargo de hasta 7%, gas metano, gases de bajo poder calorífico (tan bajo como 350 Btu) emanados de digestores de rellenos sanitarios.

Uno de los usos más prácticos y eficientes de la microturbina está en la cogeneración, utilizando ambas formas de energía simultáneamente, energía eléctrica y calor, implica precisamente maximizar el uso del combustible con eficiencias del sistema entre 70-80%. Empresas comerciales, pequeñas industrias, hoteles, restaurantes, clínicas, centros de salud, y una multitud de otras



aplicaciones pueden combinar sus necesidades de electricidad y energía térmica mediante el uso de microturbinas como sistemas de cogeneración que anteriormente era difícil de lograr

## 1.6. Combustibles y Tarifas eléctricas

### 1.6.1. Combustibles

En México, más del 80% de la generación eléctrica se obtiene a partir de combustibles fósiles: se usan tecnologías como: ciclo Rankine con combustóleo y carbón como combustible, ciclos Brayton con gas natural y diesel y recientemente ciclos combinados de gas natural (CCGN). La canasta de combustibles utilizada en la generación se ve reflejada en el cálculo de las tarifas eléctricas por medio de los coeficientes alfa, estos indican la dependencia de la tarifa eléctrica con respecto al precio de cada uno de los combustibles.

Entre algunos de los factores que determinan el uso de los combustibles es la eficiencia térmica, emisiones de CO<sub>2</sub> las reservas de combustibles a nivel mundial y de México, en las tablas que se muestran a continuación.

**Tabla 2 Eficiencias térmicas de las varias tecnologías**

EFICIENCIAS		
Tecnología	HRHHV (Btu/kWh)	Eficiencia HHV
Vapor	10,083	34%
CCGN	6,764	50%
Dual	9,655	35%
Carboeléctrica	9,916	34%
Turbogas	9,574	36%
Diesel	7,723	44%
CCGI	8,530	40%

Fuente: [www.mty.itesm.mx](http://www.mty.itesm.mx), consultado 2 de Julio de 2012



**Tabla 3 Producción de CO<sub>2</sub> por cada kWh y por millón de Btu térmicos**

<b>EMISIONES POR TECNOLOGÍA Y COMBUSTIBLE (gr CO<sub>2</sub> / kWh)</b>					
	F.O.	GN	Carbón	Diesel	Coque
Vapor	795	535			
CCGN		359		495	
Dual	762		931		
Carboeléctrica			957		
Turbogas		508		701	
Diesel	609			565	
CCGI			823		871
<b>EMISIONES POR COMBUSTIBLES (gr CO<sub>2</sub> / Millón Btu)</b>					
F.O.	GN	Carbón	Diesel	Coque	
78,882	53106	96,479	73203	102,117	

Fuente: [www.mty.itesm.mx](http://www.mty.itesm.mx), consultado 2 de julio de 2012

**Tabla 4 Reservas de combustibles**

	Mundo			México		
	Reservas	Producción	R/P	Reservas	Producción	R/P
Carbón	847,488.00 Millones ton	6,396.00 Millones ton/a	133.00 años	1,211.00 Millones ton	12.00 Millones ton/a	99.00 años
Gas Natural	6,263,000.00 Millones pc	103,660.00 Millones pc/a	60.42 años	89.00 Millones pc	1.41 Millones pc/a	63.07 años
Petróleo	1,208,200.00 Millones bls	29,832.10 Millones bls	40.50 años	11,000.00 Millones bls	1,145.83 Millones bls	9.60 años

Fuente: [www.iie.org.mx](http://www.iie.org.mx) , Boletín de divulgación 2009 , consultado 2 de julio de 2012



### 1.6.2. Tarifas eléctricas

El hecho de que la energía eléctrica no pueda ser almacenada, y por lo tanto debe ser generada y suministrado en el mismo instante de tiempo en el que se demanda, causa que la determinación de las tarifas eléctricas sea un ejercicio de naturaleza compleja.

El costo de suministrar electricidad depende de muchos factores, incluyendo la cantidad de electricidad generada, los combustibles y tecnologías utilizadas, los factores de carga, la capacidad de las líneas de transmisión y distribución, los niveles de voltaje demandados, así como la ubicación de la demanda. La asignación de este costo entre los diferentes tipos de consumidores debe buscar condiciones de equidad, lo cual puede lograrse en la medida que a cada tipo de consumidor se carguen los costos marginales que su demanda impone al sistema. Tarifa eléctrica se definen como las disposiciones específicas que contienen las cuotas y condiciones que rigen para los suministros de energía. Se identifican oficialmente por su número y/o letra(s), según su aplicación.

La función de las tarifas radica principalmente en:

**Financiera:** Generación de recursos para sufragar costos totales y ampliaciones futuras

**Productiva-Social:** Decisiones del Gobierno Federal, mecanismo económico-redistributivo y subsidios a usuarios de menores recursos y/o sectores productivos.

**Económica:** Señal de costo marginal para influir en el perfil de demanda y promover la eficiencia económica.

Las tarifas horarias dan señales económicas claras a los usuarios (principalmente industriales) para hacer un uso más racional de la electricidad, además reflejan los



costos que para la CFE representa el proveer electricidad en horas pico (hora en la cual la compañía suministradora debe tener el mayor número de plantas en operación).

Actualmente en México existen 32 tarifas eléctricas, las cuales se pueden clasificar en:

- Domésticas (7)
- Servicio público (3)
- Riego agrícola (2)
- Servicios generales (20)

Dentro de las tarifas de servicios generales se dividen en: alta (12), media (6) y baja (3) tensión.

#### **Tarifa Descripción**

- 1 Servicio doméstico: 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, DAC
- 2 Servicio general hasta 25 kW de demanda
- 3 Servicio general para más de 25 kW de demanda
- 5, 5A Servicio para alumbrado público
- 6 Servicio para bombeo de aguas potables o negras, de servicio público
- 7 Servicio temporal
- 9 Servicio para bombeo de agua para riego agrícola en baja tensión
- O-M Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión con demanda menor a 100 kW
- H-M Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más
- H-MC Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más, para corta utilización (Baja California)
- H-S, H-T Tarifas horarias para servicio general alta tensión

Planteamiento y evaluación técnico-económico de un proyecto de Eficiencia energética en el sector servicios, en base a cogeneración



H-SL, H-L

HM-R, HM-RF, HM-RM, Tarifas horarias para servicio de respaldo

HS-R, HS-RF, HS-RM,

HT-R, HT-RF, HT-RM

I15, I30 Tarifa de uso general para servicio interrumpible

Clasificación de Tarifas Eléctricas:

**Específicas:**

1, 1-A, 1-B, 1-C, 1-D, 1-E, DAC, 5, 5-A, 6, 9 y 9-M

**Generales:**

2, 3, 7, O-M, H-M, H-MC, H-S, H-T, H-SL, H-TL, HM-R, HM-RF, HM-RM, HS-R, HS-RF, HS-RM, HT-R, HT-RF, HT-RM, I-15 e I-30

Disposiciones Complementarias:

**1. Cargos y bonificaciones: Redondeo**

Cargos fijos, cargos por demanda y bonificaciones: a dos decimales

Cargos por energía de las tarifas no horarias: a tres decimales

Cargos por energía de las tarifas horarias: a cuatro decimales

**2. Tensión de suministro**

Baja tensión: tensión  $\leq$  1000 volts

Media tensión: la tensión en un rango de 1 kV a 35 kV



Alta tensión (nivel subtransmisión: de 35 kV a 220 kV

Alta tensión (nivel transmisión): tensión  $\geq$  220 kV

### 3. Factor de potencia (FP)

El factor de potencia ( $\cos \phi$ ) es la relación entre la potencia activa en kW y la potencia aparente en kilovolts-ampers (kVA) y describe la relación entre la potencia de trabajo o real y la potencia total consumida. Se puede interpretar como una medida de aprovechamiento de la energía consumida con relación a la demanda máxima.

$$FP = \cos \phi = \frac{\text{Potencia activa (kW)}}{\text{Potencia aparente (kVA)}}$$

$$FP = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kVArh^2}}$$

La compañía suministradora de energía penaliza a los usuarios que tienen un FP inferior al 90% y los bonifica en caso contrario, en la tabla 5 se detalla como calcular el importe por dicha penalización o bonificación.

**Tabla 5 Cargos/Bonificación por Factor de Potencia**

Condición	Suministradora	Valores máximos
FP < 0.9	Penalización por bajo FP $Penalización (\%) = \frac{3}{5} \times \left[ \frac{0.9}{FP} - 1 \right] \times 100$	Penalización 120 %
FP > 0.9	Bonificación por alto FP	Bonificación 2.5%



	$\text{Bonificación (\%)} = \frac{1}{4} \times \left[ 1 - \frac{0.9}{FP} \right] \times 100$	
--	--	--

Fuente: CONUEE

#### 4. Regiones tarifarias

Se consideran diferentes regiones y estaciones en los costos del suministro de energía eléctrica con el objeto de reflejar el costo real del servicio, en la imagen 13 podemos ver cuáles son las zonas y qué regiones del país abarcan.



Fuente: CONUEE

#### 5. Conceptos de Facturación:

- **Factor de Potencia**
- **Carga instalada:** Es la capacidad total en kW conectada a la instalación eléctrica
- **Demanda:** Es el valor en kW medido en un instante



- **Demanda máxima:** Es la demanda medida en kW durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica fue mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en periodo de consumo.
- **Demanda facturable:** Definida por la relación de demandas en los diferentes periodos (tarifas horarias):

Para las tarifas: H-M, H-S, H-T, H-SL y H-TL en las Regiones de: Baja California Sur, Central, Noreste, Noroeste, Norte, Peninsular y Sur:

$$DF = DP + FRI \text{ MAX}(DI - DP, 0) + FRB \text{ MAX}(DB - DPI, 0)$$

Para las tarifas: H-S, H-T y H-SL en la Región de Baja California:

$$DF = DP + 0.199 \times \text{MAX}(DS - DP, 0) + FRI \times \text{MAX}(DI - DPS, 0) + FRB \times \text{MAX}(DB - DPSI, 0)$$

- **Factor de Carga:** Indicador de la forma en que se usa la energía eléctrica en una instalación

Se puede interpretar como una medida de aprovechamiento de la energía consumida con relación a la demanda máxima

$$FC = \frac{\text{Consumo de energía (kWh/m)}}{\text{Demanda máxima (kW) x periodo (h/m)}} \times 100 \text{ [%]}$$

$$FC = \frac{\text{Demanda media (kW)}}{\text{Demanda máxima (kW)}} \times 100 \text{ [%]}$$

Otros cargos de facturación son:

- Cargo por demanda máxima medida



- Cargo por consumo
- Bonificación por alto factor de potencia o cargo por bajo factor de potencia, según sea el caso
- Derecho de alumbrado público (DAP)
- Impuesto (IVA)

### **1.7. Cogeneración eficiente**

En los últimos años se ha dado un boom en cuanto a la sustentabilidad energética, México no es la excepción por lo cual este es uno de los temas en los que se ha legislado y se han establecido acciones estratégicas para la cogeneración.

Dentro de ellas destacan, en 1992 la reforma a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) y de acuerdo con la cual, se definen tres formas distintas de Cogeneración de Energía Eléctrica:

- I. La producción de energía eléctrica conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambas.
- II. La producción directa o indirecta de energía eléctrica a partir de energía térmica no aprovechada en el proceso.
- III. La producción directa o indirecta de energía eléctrica utilizando combustibles producidos en el proceso de que se trate.

Por otro lado, la Ley para el aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento para la Transición Energética (LAERFTE) que tiene como objetivo regular el aprovechamiento de las fuentes de energía eléctrica, y en específico en





su artículo 20 indica que a la cogeneración aplicarán las mismas ventajas y apoyos establecidos para las energías renovables en su artículo 7.

Por otro lado el 22 de mayo de 2012 la SENER publicó el documento mediante el cual da la Resolución por la que la Comisión Reguladora de Energía expide las Reglas Generales de Interconexión al Sistema Eléctrico Nacional para generadores o permisionarios con fuentes de energías renovables o cogeneración eficiente, por lo que hay que tener en cuenta este documento ya que en él se incluyen puntos como:

- Solicitud
- Estudios de pre-factibilidad y factibilidad
- Trámite del contrato de interconexión y en su caso el convenio de servicios de transmisión
- Autorización de las pruebas para la sincronización del generador o permisionario
- Definición de la fecha de operación normal
- Criterios técnicos de despacho y operación de la interconexión del generador o permisionario con el sistema
- Requerimientos técnicos de interconexión al sistema eléctrico nacional
- Conceptos de aplicación de los modelos de contratos de interconexión y de los convenios de servicios de transmisión para Fuentes de Energías Renovables o Cogeneración Eficiente
- Requerimientos para baja tensión (BT)
- Requerimientos para media tensión (MT)
- Requerimientos para alta tensión (AT)

De dicho documento se define el concepto de Cogeneración Eficiente.



### 1.7.1. Definición

De acuerdo a la forma universal para calcular la eficiencia energética tenemos lo siguiente:

$$\% \eta = \frac{E + H}{F}$$

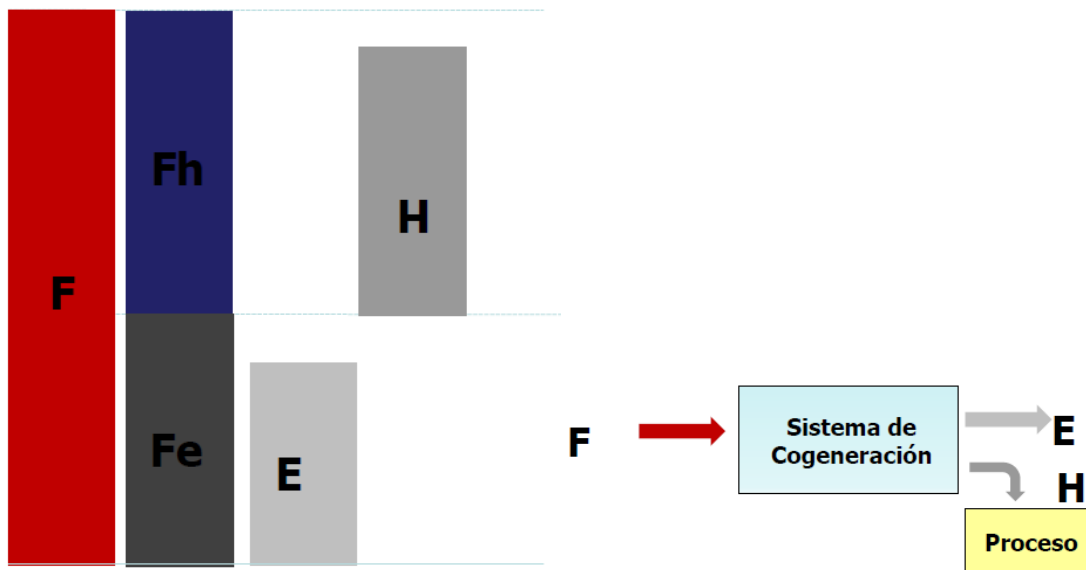
Dónde:

E= Energía Eléctrica

H= Entalpía

F= Energía liberada por el Combustible

Imagen 13 Cogeneración Eficiente



Fuente: CRE



La cogeneración eficiente es la generación de energía eléctrica, conforme a lo establecido en la LSPEE, siempre que el proceso tenga una eficiencia superior a la mínima que establezca para tal efecto la CRE.

### 1.7.2. Criterio de eficiencia

Esquema propuesto:

- Metodología para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración y los criterios para determinar la «cogeneración eficiente» **DOF, 22 feb 2011**
- Procedimientos de medición de variables para la evaluación de sistemas de cogeneración, de acuerdo con la legislación vigente
- Autorización de Personas encargadas de realizar mediciones en los sistemas de cogeneración ( **DOF 26 sep 2012**)

Para el cálculo de la eficiencia del Sistema se deberán considerar, de acuerdo a la tecnología, los valores de referencia mostrados en la siguiente tabla 6:

**Tabla 6 Valores de referencia Cogeneración Eficiente**

<i>RefE</i>	<b>44%</b>
RefH ( con vapor o agua caliente como medio de calentamiento)	90%
RefH ( con uso directo de gases de combustión)	82%

**Fuente: CRE**

- Se considerará que el Sistema corresponde a una central con un proceso Cogeneración Eficiente si la eficiencia resulta ser:



$$\eta \geq \eta_{\min}$$

**Tabla 7 Eficiencias de referencia de acuerdo a la capacidad del Sistema (mayores a 30 MW)**

<i>Capacidad del Sistema</i>	<i>% <math>\eta</math></i>
Capacidad MW < 0.5	5
0.5 ≤ Capacidad MW < 30	10
30 ≤ Capacidad MW < 100	15
Capacidad MW ≥ 100	20

**Fuente: CRE**

- Para Sistemas con capacidad igual o menor a 30 MW, instalados a una altura superior de 1,500 m sobre el nivel del mar generando con motogeneradores de combustión interna o con turbinas a gas, si la eficiencia resulta ser:

$$\eta \geq \eta_{\min}$$

**Tabla 8 Eficiencias de referencia de acuerdo a la capacidad del Sistema (menores o iguales a 30 MW)**

<i>Capacidad del Sistema</i>	<i>% <math>\eta</math></i>
0.03 ≤ Capacidad MW < 0.5	2
0.5 ≤ Capacidad MW ≤ 30	5

**Fuente: CRE**



### **1.7.3. Determinación de Cogeneración Eficiente de acuerdo a los tipos de Cogeneración**

- I. La producción de energía eléctrica conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambas; cogeneración eficiente sujeto a la Metodología.
- II. La producción directa o indirecta de energía eléctrica a partir de energía térmica no aprovechada en el proceso; cogeneración eficiente por definición de la CRE
- III. La producción directa o indirecta de energía eléctrica utilizando combustibles producidos en el proceso de que se trate y sistemas con capacidad total instalada menor o igual a 30 kW; cogeneración eficiente por definición de la CRE, la excepción no aplica a los procesos de la industria petrolera, aun cuando sus sistemas corresponden a estos casos.

### **1.8. Conclusión**

Analizando los aspectos medio ambientales y dada nuestra información como ingenieros no damos cuenta que es muy importante el concepto de desarrollo sustentable en el cual nos comprometemos con las generaciones futuras a preservar recursos para que ellos también los aprovechen; utilizando la energía de la forma más óptima y eficiente con métodos como la cogeneración.

Una vez caracterizados los requerimientos para implementar proceso de cogeneración concluimos que el ramo hotelero tiene un gran potencial de desarrollo en cuanto a sistemas de micro-cogeneración ya que en estos lugares se presentan

Planteamiento y evaluación técnico-económico de un proyecto de Eficiencia energética en el sector servicios, en base a cogeneración



condiciones como son uso continuo de electricidad y agua caliente, lo cual implica el uso de calor, elementos que son inherentes a los sistemas de cogeneración.

Aunado a esto se formó un panorama de los costos de los combustibles y su influencia en la constante fluctuación de los precios en las tarifas eléctricas; además, conociendo las formas como se factura en las diferentes tarifas para usuarios, podremos crear una proyección a través del tiempo de vida de nuestro proyecto y con esto elegir la mejor opción en sistemas de microcogeneración.

Finalmente en este capítulo amplió nuestro panorama acerca de las regulaciones en el país para los diferentes tipos de cogeneración, el marco regulatorio que se debe cumplir y el criterio usado por la CRE para determinar los procesos de cogeneración eficiente.



## **CAPITULO 2: REQUERIMIENTOS DE LA INSTALACIÓN INDUSTRIAL Y DE SERVICIOS**

### **2. Introducción**

El sector servicios es un área que se tiene muy poco estudiada para la cogeneración y sin embargo ofrece un gran potencial ya que en estas instalaciones tenemos un alto consumo tanto de energía eléctrica como de energía calórica.

En este proyecto se expondrá el caso de estudio de un Hotel en el que se tienen necesidades de agua caliente tanto para las habitaciones como para la alberca, además se buscará tener un ahorro de electricidad en horario intermedio y en pico ya que en estos intervalos de tiempo el costo de la electricidad es notablemente más caro.

Se analizará las condiciones actuales de las instalaciones para obtener un diagnóstico de tal manera que se cubran aspectos como son las necesidades de agua caliente, de electricidad, la caracterización de la demanda, todo esto con base en los historiales de consumo tanto de combustible como de energía eléctrica.

A partir de esto tendremos unas especificaciones del proyecto que deberán ser cubiertas con la propuesta que se haga, teniendo en cuenta los mayores ahorros posibles, los menores tiempos de recuperación en base a la inversión inicial, de tal manera que se desarrolle como un proyecto sustentable llave en mano.

### **2.1. Descripción de la instalación**

A continuación se hará una descripción de las instalaciones del hotel en el que se pretende llevar a cabo el proyecto.



### 2.1.1. Clima y ubicación geográfica

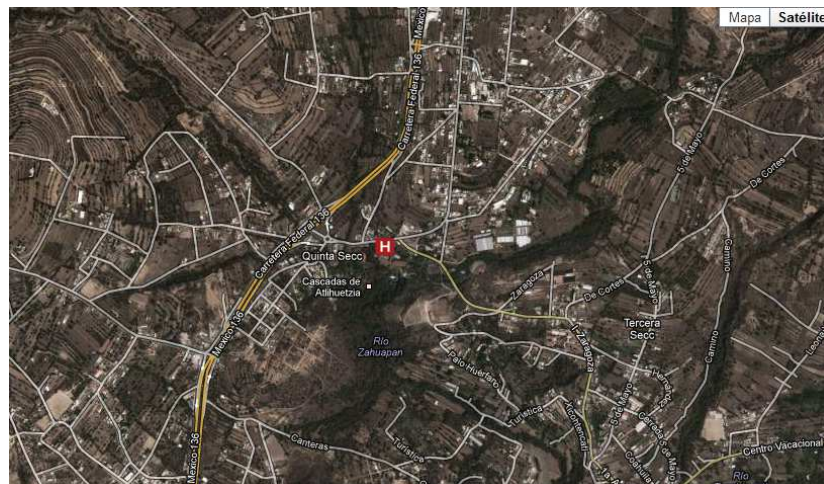
El hotel de en estudio se encuentra ubicado en el estado de Tlaxcala, muy cerca de la capital del estado, en una hacienda que sirve para eventos sociales, convenciones de negocios y vacaciones familiares, estos parámetros son útiles para el momento en el que se quiera hacer un comparativo con respecto a las condiciones de confort que se necesitan en el lugar, a continuación hacemos una caracterización del lugar.

**Tabla 9 Clima y ubicación geográfica**

<i>Característica</i>	<i>Medida</i>
Ubicación	19°19'0" N y 98° 14' 19" O
Altitud	2230 msnm
Clima	Templado-Subhúmedo y Semifrío-Subhúmedo
Temperatura media anual	15.9 °C
Temperatura máxima media	25.6 °C
Temperatura mínima media	8 °C

Fuente: INEGI

**Imagen 14 Ubicación del hotel en Tlaxcala**



Fuente: <http://maps.google.com>, 4 de julio de 2012





### 2.1.2. Instalaciones y ocupación.

Este hotel está clasificado como 5 estrellas por lo cual ofrece una variedad de servicios a sus ocupantes, a continuación se hace una descripción de las instalaciones y los servicios con las que cuenta el hotel.

- Gimnasio
- Salón de eventos
- Restaurante
- Bar
- Alberca
- Jacuzzi
- Spa

Además de estos servicios también se hace mención de las habitaciones, los aparatos con los que cuentan y los servicios que tienen.

#### **Habitaciones dobles**

2 camas matrimoniales  
1 baño con tina  
Calefacción  
Televisión con Servicio de cable  
Internet inalámbrico  
Secadora  
Teléfono  
Radio despertador

#### **Habitaciones sencillas**

1 cama Queen size  
1 baño con tina  
Calefacción  
Televisión con Servicio de cable  
Internet inalámbrico  
Secadora  
Teléfono  
Radio despertador



### Suites dobles

Sala de estar  
 1 cama King size  
 1 baño con tina  
 Calefacción  
 Televisión con Servicio de cable  
 Internet inalámbrico  
 Secadora  
 Teléfono  
 Radio despertador

### Suites Sencillas

Sala de estar  
 2 camas King size  
 1 baño con tina  
 Calefacción  
 Televisión con Servicio de cable  
 Internet inalámbrico  
 Secadora  
 Teléfono  
 Radio despertador

En la tabla 10 se mencionan la cantidad de habitaciones con las que cuenta este hotel, así como la capacidad de la alberca y el acondicionamiento de clima que tienen las habitaciones.

**Tabla 10 Instalaciones y ocupación**

<b>Habitaciones</b>	<b>102 habitaciones</b>
<b>Ocupación Máxima</b>	400 personas
<b>Capacidad de la alberca</b>	35000 litros
<b>Aire Acondicionado (calefacción)</b>	En todas las habitaciones

Fuente: Elaboración propia

### 2.1.3. Condiciones de confort

A continuación se hace una descripción de las condiciones necesarias para que los huéspedes del hotel estén a gusto dentro de las instalaciones del mismo, como ya se menciono, el clima en esta zona es de templado a frio por lo cual se usa generalmente calefacción.

**Tabla 11 Condiciones de confort**

Temperatura del agua de la alberca	30 a 33 °C
Temperatura en habitaciones	22 °C

Fuente: Elaboración propia

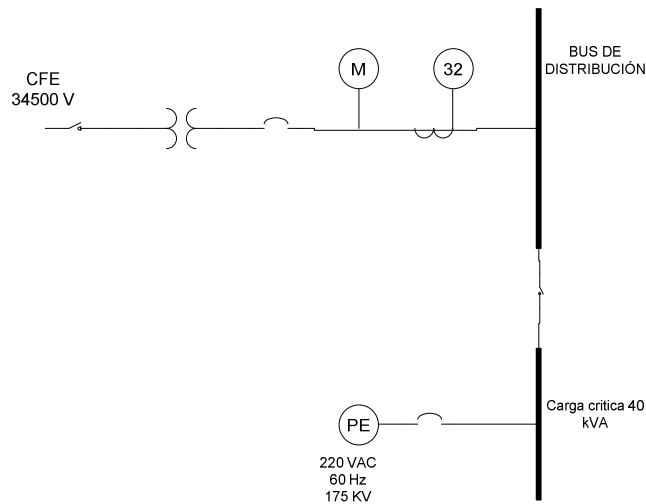
## 2.2. Caracterización de los servicios y de la demanda energética

Para hacer el análisis de este proyecto, haremos una caracterización de las instalaciones en cuanto a sus consumos eléctricos y sus consumos térmicos, así como de las instalaciones con las que cuenta, esto con el objetivo de conocer los costos que tiene la energía actualmente y compararlo contra la proyectada en el análisis posterior, además de esto saber qué equipo extra se requerirá para poder llevar a cabo el proyecto.

### 2.2.1. Instalaciones eléctricas actuales

A continuación mostraremos un diagrama que ilustra la situación de las instalaciones eléctricas a grandes rasgos y el equipo con el que se cuenta hoy en día.

**Imagen 15: Diagrama eléctrico de instalaciones actuales**



Fuente: Elaboración propia



A continuación se hace un resumen de las características eléctricas que tiene el hotel, como son Tensión, Carga, Demanda y Consumo de energía eléctrica.

<b>Consumo mensual máximo en el año</b>	<b>45,080 kWh</b>
<b>Consumo mensual mínimo en el año</b>	30,240 kWh
<b>Consumo mensual promedio</b>	35,671 kWh
<b>Tensiones utilizadas</b>	220/127 V
<b>Tarifa</b>	HM
<b>Carga conectada</b>	270 kW
<b>Demanda contratada</b>	162 kW

**Fuente: Elaboración propia.**

Este consumo lo podemos desglosar de la siguiente manera, con base en los recibos de energía eléctrica emitidos por la Comisión Federal de Electricidad en el periodo de Agosto de 2011 a Julio de 2012, para su posterior análisis se dividirán.

**Tabla 13 Consumos eléctricos desglosados**

<i>Consumos desglosados kWh</i>													
<b>Periodo</b>	<b>ago-11</b>	<b>sep-11</b>	<b>oct-11</b>	<b>nov-11</b>	<b>dic-11</b>	<b>ene-12</b>	<b>feb-12</b>	<b>mar-12</b>	<b>abr-12</b>	<b>may-12</b>	<b>jun-12</b>	<b>jul-12</b>	<b>Total</b>
<b>Base</b>	10618.90	9497.65	11036.62	12454.67	13191.18	11443.35	9915.37	10871.73	10289.12	11498.31	10465.00	10585.92	131867.79
<b>Intermedio</b>	20456.47	18296.47	21261.18	23992.94	25411.76	22044.71	19101.18	20943.53	19821.18	22150.59	20160.00	20392.94	254032.94
<b>Punta</b>	2734.63	2445.88	2842.21	3207.39	3397.06	2946.95	2553.46	2799.74	2649.71	2961.10	2695.00	2726.14	33959.26
<b>Total</b>	33810	30240	35140	39655	42000	36435	31570	34615	32760	36610	33320	33705	419860.00

**Fuente: Elaboración propia, Recibos de energía CFE.**

Planteamiento y evaluación técnico-económico de un proyecto de Eficiencia energética en el sector servicios, en base a cogeneración



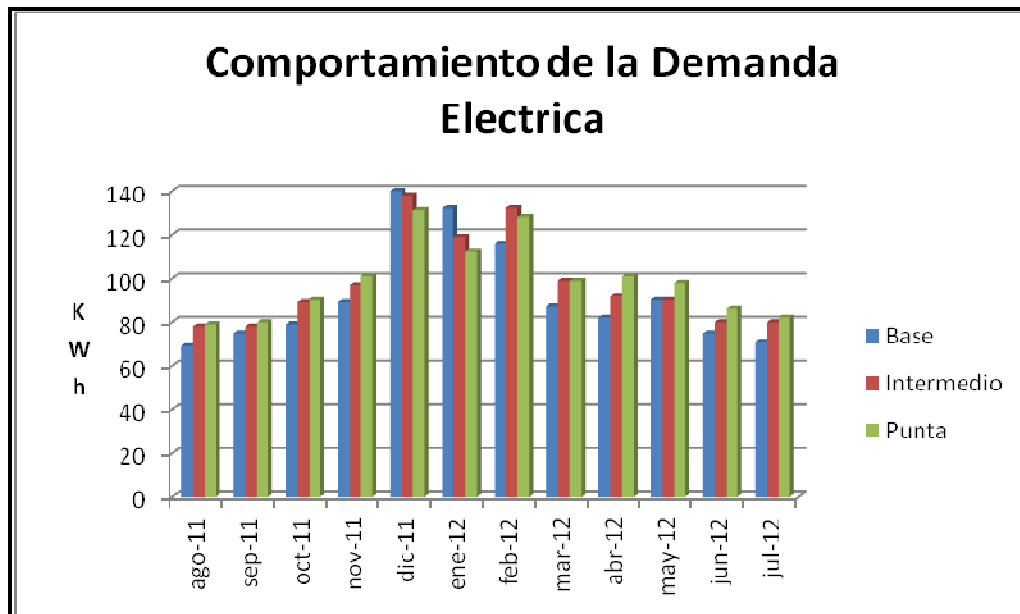
Como se vio en la parte de tarifas eléctricas, la demanda eléctrica también es un factor a considerar en el cobro de la energía, eléctrica, a continuación se presenta un comportamiento de la demanda a lo largo del año que estamos analizando.

**Tabla 14 Caracterización de la Demanda Eléctrica**

<i>Demanda kW</i>												
	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	ene-12	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12
<b>Base</b>	69	75	79	89	140	132	116	87	82	90	75	71
<b>Intermedio</b>	78	78	89	97	138	119	132	99	92	90	80	80
<b>Punta</b>	79	80	90	101	131	112	128	99	101	98	86	82
<b>Facturable</b>	79	80	90	101	133.4	116.05	129.2	99	101	98	86	82

**Fuente: Elaboración propia, Recibos de energía CFE.**

En la siguiente grafica se muestra el comportamiento de la demanda eléctrica a lo largo de un año:

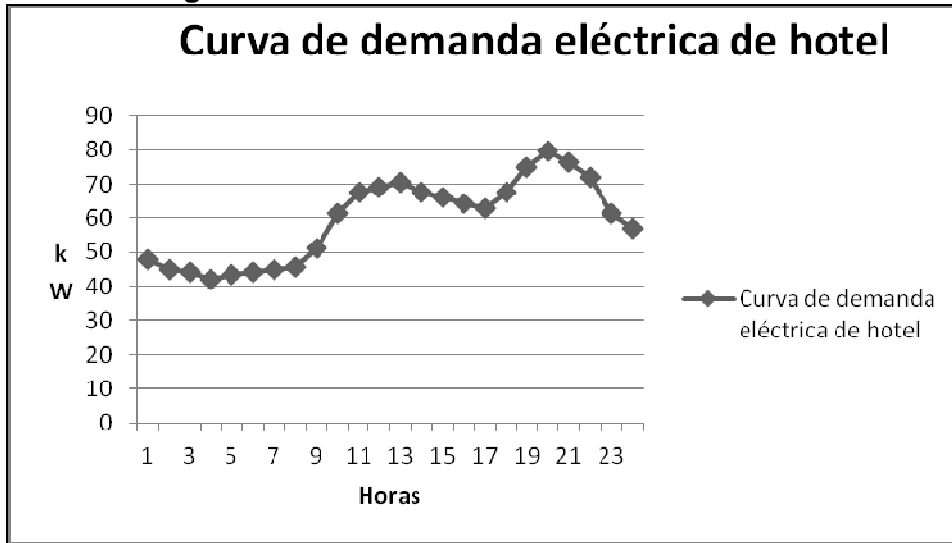


**Fuente: Elaboración propia, Recibo de energía eléctrica de CFE**

La gráfica 17 representa el comportamiento de la demanda de electricidad a lo largo de un día promedio, este tipo gráficas son típicas de cada aplicación y nos dicen mucho acerca de los hábitos de uso de la energía en diferentes tipos de instalaciones.



**Imagen 16 Curva de demanda eléctrica del hotel**

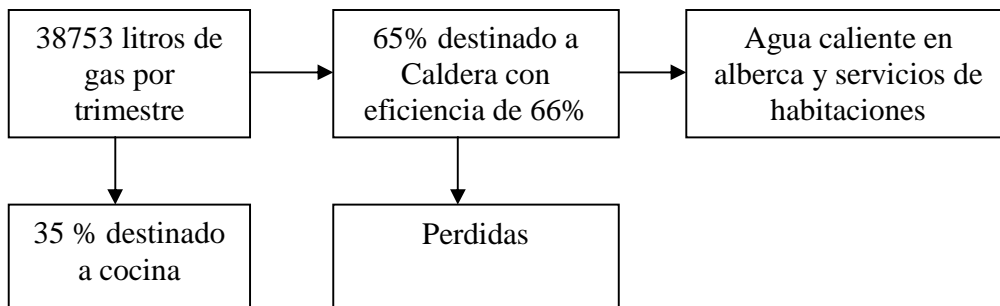


**Fuente: Elaboración Propia**

### 2.2.2. Instalaciones térmicas actuales

Podemos saber el consumo de las instalaciones térmicas si hacemos un seguimiento de los flujos desde que llega el combustible hasta su uso final, la imagen 18 presenta un diagrama básico de cómo es usado el gas, en el hotel.

**Imagen 17 Distribución del Gas LP para sus diferentes usos**



**Fuente: Elaboración propia**



Del diagrama 18, se desprenden los siguientes datos.

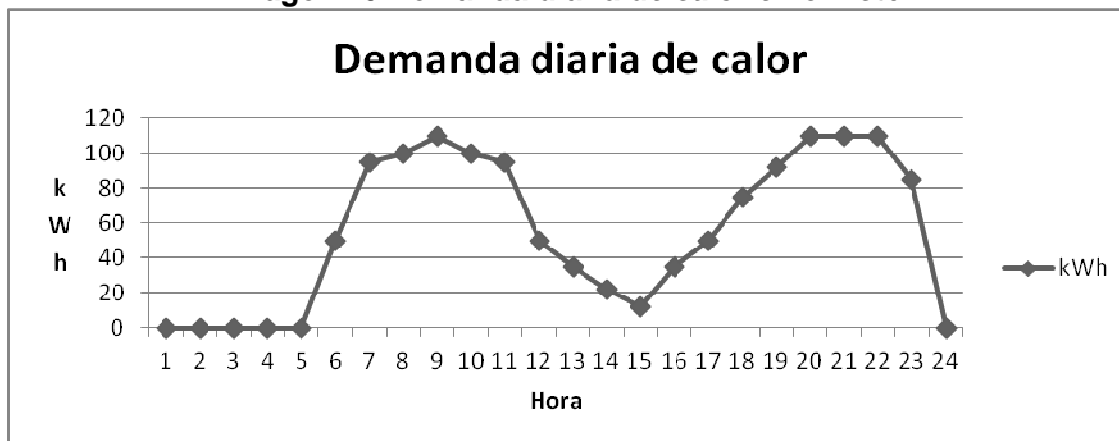
**Tabla 15 Resumen de uso del Gas LP en el hotel**

Combustible usado	Gas LP
Consumo mensual de gas total	12969.69 litros
Consumo mensual de gas para cocina	4539.4 litros
Consumo mensual de gas para alberca y servicios	8,430.3 litros
Necesidad de calor al mes para alberca y servicios Gcal	53.826 Gcal
Necesidad de calor al mes kWh <sup>12</sup>	58,010.15 kWh
Consumo de gas anual	101,163.6 litros de gas LP

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra una aproximado de la demanda diaria de calor que se utiliza en el hotel.

**Imagen 18 Demanda diaria de calor en el hotel**



Fuente: Elaboración Propia

<sup>12</sup> El factor de conversión de litros de gas a kWh es de 6.90885, se deriva de la densidad del Gas LP y de su poder calorífico.

Estos datos al igual que los eléctricos se puede desglosar en forma mensual y en los periodos en los que se utilizan, aproximadamente el tiempo que está operando la caldera para calentar el agua de la alberca y los servicios de agua caliente, a continuación se muestra una tabla con el desglosado de los litros de gas consumidos actualmente a lo largo del periodo agosto de 2011 a julio de 2012.

**Tabla 16 Consumo de gas en litros**

<i>Consumo de litros de Gas</i>													
	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	ene-12	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	Anual
<b>Base</b>	2134.79	1931.25	2244.21	2532.54	2682.31	2875.32	2035.37	2072.64	2188.85	2161.82	2202.36	2553.64	27615.09
<b>Intermedio</b>	3103.20	2807.33	3262.25	3681.37	3899.09	4179.65	2958.67	3012.85	3181.77	3142.49	3201.42	3712.05	40142.12
<b>Punta</b>	2582.49	2336.26	2714.85	3063.65	3244.83	3478.31	2462.21	2507.30	2647.88	2615.18	2664.23	3089.18	33406.38
<b>Total</b>	7820.48	7074.84	8221.31	9277.55	9826.24	10533.3	7456.24	7592.78	8018.5	7919.49	8068.01	9354.87	101163.599

**Fuente: Elaboración propia**

A partir de el consumo de gas y considerando el poder calorífico de 46054.8 kJ / kg de y la densidad del gas LP de 0.540 kg / lt se puede obtener el consumo de calor en kWh desglosado en los mismos periodos, a continuación de presentan dichos cálculos.

**Tabla 17 Consumo de calor en kWh**

<i>Consumo térmico kWh</i>														
	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	ene-12	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	Anual	Promedio
<b>Base</b>	14749	13342.7	15504.9	17496.9	18531.7	19865.1	14062	14319.5	15122.4	14935.7	15215.8	17642.7	190788.533	<b>15899.0444</b>
<b>Intermedio</b>	21439.5	19395.4	22538.4	25434	26938.2	28876.6	20441	20815.3	21982.4	21711	22118.1	25646	277335.912	<b>23111.326</b>
<b>Punta</b>	17842	16140.9	18756.5	21166.3	22418.1	24031.2	17011	17322.6	18293.8	18067.9	18406.7	21342.7	230799.683	<b>19233.3069</b>
<b>Total</b>	54030.5	48879	56799.8	64097.2	67888	72772.9	51514.1	52457.4	55398.6	54714.6	55740.6	64631.4	698924.129	<b>58243.6774</b>

**Fuente: Elaboración propia**

De la tabla anterior de deben descartar las perdidas en la caldera, si tenemos una caldera con una eficiencia del 65% tenemos que el calor útil que se obtiene es el que se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 18 Consumo térmico útil en kWh**

<i>Consumo térmico útil kWh</i>														
	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	ene-12	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	Anual	Promedio
<b>Base</b>	9527.83	8619.4	10016.2	11303	11971.5	12832.9	9084.07	9250.42	9769.08	9648.45	9829.39	11397.2	123249.393	<b>10270.7827</b>
<b>Intermedio</b>	13849.9	12529.4	14559.8	16430.4	17402.1	18654.3	13204.9	13446.7	14200.6	14025.3	14288.3	16567.3	179158.999	<b>14929.9166</b>
<b>Punta</b>	11526	10427	12116.7	13673.4	14482.1	15524.1	10989.1	11190.4	11817.8	11671.9	11890.8	13787.4	149096.595	<b>12424.7163</b>
<b>Total</b>	34903.7	31575.8	36692.7	41406.8	43855.6	47011.3	33278.1	33887.5	35787.5	35345.6	36008.5	41751.9	451504.987	<b>37625.4156</b>

**Fuente: Elaboración propia**



### 2.3. Costos energéticos

Los costos energéticos del hotel que estamos analizando se concentran principalmente en el uso que se hace del gas, que depende básicamente de los litros usados y el precio del combustible, y por otro lado el costo de la energía eléctrica que depende de la energía consumida que tiene diferentes costos en tres diferentes horarios, y también se cobre el concepto de demanda facturable que depende de los kilowatts máximos utilizados en los diferentes periodos del día, a continuación se muestran tablas con los costos.

**Tabla 19 Costos eléctricos**

<i>Costos Eléctricos (\$)</i>													<i>Total</i>
	<b>ago-11</b>	<b>sep-11</b>	<b>oct-11</b>	<b>nov-11</b>	<b>dic-11</b>	<b>ene-12</b>	<b>feb-12</b>	<b>mar-12</b>	<b>abr-12</b>	<b>may-12</b>	<b>jun-12</b>	<b>jul-12</b>	
<b>Demanda</b>	10010.43	9250.71	10653.65	12294.00	13633.08	11944.56	10362.55	10496.65	9728.36	10986.63	9994.08	10503.35	<b>129858.06</b>
<b>Base</b>	23175.14	21416.02	24665.09	28462.83	31563.95	27655.08	23991.08	24300.78	22522.80	25435.52	23137.63	24318.58	<b>300644.50</b>
<b>Intermedio</b>	5276.20	4796.86	5585.22	6423.12	7001.00	6121.40	5319.67	5638.12	5273.97	5930.79	5401.59	5574.96	<b>68342.90</b>
<b>Punta</b>	13346.26	13544.80	15411.60	17575.01	23533.09	20595.39	23027.32	17701.20	17988.10	17500.84	15383.68	14731.30	<b>210338.59</b>
												<b>Total</b>	<b>\$709,184.06</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 20 Costos del combustible**

<i>Costo por concepto de gas (\$)</i>													
	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	ene-12	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	Anual
<b>Precio por litro de gas</b>	5.71	5.77	5.81	5.86	5.90	5.38	5.40	5.43	5.46	5.49	5.55	5.62	---
<b>Base</b>	12189.66	11143.32	13038.86	14840.66	15825.65	15469.21	10990.97	11254.42	11951.10	11868.39	12223.10	14351.47	155146.82
<b>Intemedio</b>	17719.26	16198.27	18953.67	21572.83	23004.63	22486.51	15976.81	16359.76	17372.48	17252.25	17767.86	20861.73	225526.05
<b>Punta</b>	14746.02	13480.24	15773.29	17952.97	19144.52	18713.33	13295.94	13614.63	14457.43	14357.36	14786.46	17361.18	187683.38
<b>Total</b>	44654.94	40821.84	47765.82	54366.47	57974.79	56669.05	40263.72	41228.81	43781.01	43478	44777.43	52574.38	568356.258

**Fuente: Elaboración Propia**

Estos datos son importantes ya que son la base para hacer el comparativo actual con lo que se realice en el proyecto, por esta razón hay que tener muy en cuenta los totales.

## **2.4. Requerimientos a cumplir**

### **2.4.1. Marco Regulatorio del Sector**

A efectos legales y de integración en la regulación del sector eléctrico, como medida de fomento, se consideran las tecnologías de cogeneración como energías renovables. Mediante esta medida, las instalaciones de cogeneración se beneficiarán de condiciones más favorables que establece la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. Las principales Leyes, Regulaciones y Programas que deben de obedecer las instalaciones de cogeneración son:

- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, publicada en 1992 y con modificaciones posteriores y su reglamento.
- Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y Financiamiento de la Transición energética (2008) y su reglamento (2009). La generación procedente de excedentes de autoabastecimiento, pequeños productores y productores independientes con fuentes de energías renovables o cogeneración eficiente tiene prioridad de compra por Comisión Federal de Electricidad (CFE).
- Regulación de la Comisión Reguladora de Energía.
- Regulación de la Comisión Federal de Electricidad, siendo este organismo el encargado de establecer las condiciones de conexión por medio del contrato de interconexión para fuentes de energías renovables.



- Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. Documento de carácter anual que compila los proyectos y estrategias en EE.RR. con una asignación presupuestaria.
- Estrategia Nacional del Cambio Climático, establece como meta la revisión del potencial en cogeneración del país.

#### **2.4.2. Financiamiento FIDE**

La misión del FIDE es promover e inducir con acciones y resultados el uso eficiente de energía eléctrica a través de programas y proyectos que permitan la vinculación entre la innovación tecnológica y la demanda para lograr un mercado natural para las tecnologías eficientes.

Como parte de esta misión el FIDE, entre sus múltiples servicios ofrece el financiamiento de Proyectos en la industria, comercios, servicios, municipios, micro y pequeñas empresas, siempre y cuando demuestren un ahorro de energía y la rentabilidad del proyecto.

Entre las tecnologías y equipos que se financian se encuentran:

- Motores eléctricos de alta eficiencia
- Variadores de velocidad
- Bombas
- Aire acondicionado
- Aire comprimido
- Refrigeración
- Control de la Demanda



- Automatización y Monitoreo Remoto
- Unidades generadoras de agua helada
- Transformadores
- Ventilación
- Lámparas fluorescentes lineales T-5, T-8
- Lámparas de vapor de sodio de alta presión
- Lámparas fluorescentes compactas
- Balastros electrónicos
- Diodos emisores de luz (LED's)
- Sensores de presencia
- Reflectores especulares
- Equipos de proceso
- Aislamiento Térmico
- Micro cogeneración

De acuerdo al tipo de acciones implementadas, se financian:

- Diagnósticos Energéticos
- Sustitución de Equipos
- Obras Nuevas

#### Características y Condiciones del Crédito

- Tasa de interés preferencial sobre saldos insolutos CPP+6 Puntos; actualmente 9.4% aplicable al plazo de financiamiento.
- Reembolso máximo de 36 pagos mensuales iguales, con base al periodo de recuperación del proyecto.



- Tiempo máximo de ejecución del Proyecto 3 meses.

### Imagen 19 Mecanismo para otorgar un Financiamiento



Fuente: FIDE

Los expedientes de los proyectos están constituidos por la siguiente documentación:

- Documentos para solicitar una línea de crédito: Establecer los criterios para contribuir al otorgamiento y recuperación oportuna de los financiamientos otorgados por el FIDE.
- Documentos Legales del Usuario y Proveedor: Puntualizar los documentos legales indispensables que conforman un expediente tanto para el usuario como para el proveedor.



- Documentación Técnica: Puntualizar los requisitos necesarios e indispensables que conforman un Estudio Técnico.

Todo expediente que no esté completo al 100% será un prospecto, cuando se complete el expediente será un proyecto.

Periodo Simple de Recuperación:

El periodo en el cual, los ahorros de energía eléctrica generados por los proyectos, amortizan el capital del financiamiento otorgado por el FIDE (sin incluir intereses ordinarios ni IVA de los mismos) los plazos máximos autorizados son:

**Tabla 21 Periodos Simples de recuperación establecidos para proyectos financiados por FIDE**

<b>Sector</b>	<b>PSR</b>	<b>Plazo Máximo de Reembolso del financiamiento FIDE</b>
Domiciliario	4 años	3 años
MIPyMEs	4 años	3 años
Comercios y servicios	4 años	3 años
Industria	4 años	3 años
Empresas Bursátiles	4 años	3 años
Municipios	3 años	3 años
Micro Cogeneración	7 años	oc34734
LED's	5 años	3 años

Fuente: FIDE



## **2.5. Conclusión**

En este capítulo se realizó una descripción de cada uno de los parámetros que serán indispensables para la elección del sistema de cogeneración. La caracterización se llevó a cabo con datos reales del caso estudio, también se tomaron algunas consideraciones generales del sector al que pertenecen y que han sido resultado de organismos que se dedican al ahorro de energía, como son la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (CONUEE) y el propio FIDE.

También se revisó el marco regulatorio involucrado con la puesta en marcha del sistema así como los requerimientos necesarios, para obtener un financiamiento por parte del FIDE, como una alternativa en la difusión e impulso de esta tecnología.



## **CAPITULO 3: PROPUESTA DEL SISTEMA ENERGÉTICO EN COGENERACIÓN**

### **3. Introducción**

En este capítulo se presenta un análisis de los diferentes sistemas energéticos en cogeneración de acuerdo a las necesidades establecidas en el capítulo anterior y a los elementos que conforman a cualquier planta de cogeneración:

- Fuente de energía primaria
- Elemento Motor
- Sistema de aprovechamiento de energía mecánica
- Sistema de aprovechamiento de calor
- Sistema de refrigeración
- Sistema de tratamiento de agua
- Sistema de control
- Sistema eléctrico
- Sistemas auxiliares

De dicho análisis surgirá la propuesta del sistema de cogeneración que más se ajuste a las necesidades del hotel, sin sacrificar las condiciones de confort que el inmueble ofrece y aportando un ahorro de energía eléctrica.

#### **3.1. Parámetros e indicadores de sistemas de cogeneración**

Aunque hay muchas otras variables que pueden identificar una planta de cogeneración, hay una serie de parámetros que permiten caracterizar una planta



de cogeneración. Conociendo estos datos es posible identificar rápidamente la planta de cogeneración, sus características principales y su rentabilidad

### 3.1.1. Potencia eléctrica y energía generada anualmente

La potencia de una planta es un valor instantáneo y que depende normalmente de las condiciones ambientales, como son la temperatura ambiente, la presión atmosférica y la altura sobre el nivel del mar. La potencia eléctrica puede ser bruta, si el dato que se aporta es la suma de la potencia medida en bornes de los generadores, o potencia neta si se descuenta el consumo de todos los equipos auxiliares de la planta.

**Tabla 22 Potencia eléctrica**

<b>Potencia eléctrica</b>	<b>Microturbina Capstone C65</b>	<b>Motor de Gas Cummins</b>
Potencia de salida neta	60 kW condiciones ISO	60 kW condiciones ISO
Potencia de salida considerando condiciones del lugar	47.5 kW	49 kw

**Fuente: Hojas de características de las Capstone y Cummins Anexo 2**

La energía eléctrica generada anualmente será:

Energía (kWh)=Potencia Media (kW) X Horas de Funcionamiento

Cuando la potencia es aproximadamente constante como en caso de los motores en ciclo simple o una suma de productos en el caso de turbinas de gas o ciclos combinados, pues su potencia es variable a lo largo del año.



### 3.1.2. Tensión eléctrica de salida.

La tensión de salida es un dato que se obtiene directamente de la ficha técnica, de las dos opciones es la siguiente, la tensión es en conexión trifásica.

**Tabla 23 Tensiones de salida**

<i>Tensión eléctrica</i>	<i>Microturbina Capstone C65</i>	<i>Motor de Gas Cummins</i>
Tensión eléctrica	480 Vac	230 Vac

**Fuente: Hojas de características de las Capstone y Cummins Anexo 2**

### 3.1.3. Frecuencia de salida

La frecuencia es un dato importante para la operación de los equipos que queremos conectar a la red, para las dos opciones tenemos.

**Tabla 24 Frecuencia del equipo**

<i>Frecuencia de salida</i>	<i>Microturbina Capstone C65</i>	<i>Motor de Gas Cummins</i>
Frecuencia de salida	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz

**Fuente: Hojas de características de las Capstone y Cummins Anexo 2**

### 3.1.4. Características Térmicas

Las características térmicas del equipo de cogeneración nos indican la cantidad de calor que podemos extraer de los equipos, aunque no todo es aprovechable ya que

siempre vamos a tener pérdidas por ejemplo el calentamiento de las carcasas de los equipos.

**Tabla 25 Características térmicas**

<b>Característica</b> <sup>13</sup>	<b>Microturbina Capstone C65</b>	<b>Motor de Gas Cummins</b>
Potencia térmica de salida	115 kW	130 kW
Flujo de gases de salida	0.49 kg / seg	244 lt / seg
Temperatura de gases de salida	370 ° C	419 °C

Fuente: Hojas de características de las Capstone y Cummins Anexo 2

### 3.1.5. Relación calor/electricidad (Q/E)

Es el cociente entre el calor demandado y la energía eléctrica demandada, que se necesita en el hotel es la siguiente.

$$\text{Relación calor / electricidad} = 454,300 \text{ kWh} / 419,860 \text{ kWh} = 1.082$$

Una vez conociendo esta relación y conociendo las relaciones de las maquinas que se están evaluando en este proyecto se puede tener un parámetro técnico importante para poder elegir una de las opciones, sin embargo no es un parámetro que decida totalmente cual es la opción correcta, a continuación se presentan las relaciones calor/ electricidad para las dos opciones que estamos evaluando.

$$Q/E \text{ turbina} = 1.456$$

<sup>13</sup> A condiciones ISO



$$Q/E \text{ motor} = 2.34$$

Como podemos ver en las relaciones, ambas opciones pudieran ser buenas opciones para llevar a cabo el proyecto, ya que ambas superan por mucho las necesidades del hotel, en este caso aún falta evaluar varios parámetros técnicos.

### **3.1.6. Tipo de combustible principal y auxiliar**

Para aprovechar de una mejor forma las instalaciones con las que se cuenta, el combustible ideal para la turbina y el motor; y otras ventajas como son, facilidad de alcance, distribución y precio, es el Gas LP es el combustible que se usará en este proyecto.

### **3.1.7. Poder calorífico del combustible**

Una vez conocido el combustible que se utilizará en el proyecto, es muy importante saber el poder calorífico ya que este nos será de gran utilidad al momento de analizar el comportamiento de las máquinas que utilizaremos, así como para conocer la eficiencia de las mismas, el poder calorífico del gas LP es  $46054.8^{14}$  kJ / kg.

### **3.1.8. Régimen térmico**

El régimen térmico es entre la energía total entregada a un sistema de cogeneración y la energía útil entregada por este. Podrá discriminarse parcialmente el régimen térmico en la producción de energías eléctrica o térmica útiles.

---

<sup>14</sup> (CONAE, 2000)



Este parámetro es posiblemente el más importante ya que con el podemos obtener los kiloJoules necesarios para producir un kilo-Watthora eléctricos, y este término está directamente relacionado con la eficiencia del sistema.

**Tabla 26 Régimen térmico del equipo**

<i>Parámetro</i>	<i>Microturbina Capstone C65</i>	<i>Motor de Gas Cummins</i>
Régimen Térmico	12,413 kJ/kWh	15,428kJ/kWh

Fuente: Hojas de características de las Capstone y Cummins Anexo 2

### 3.1.9. Pérdida de potencia por efecto de la altura

En todos los procesos en los que se involucra la combustión hay consecuentemente pérdida de potencia por efecto de la altura, esto debido a la cantidad de oxígeno que hay a diferente altura sobre el nivel del mar en ambos casos es de 1% por cada 100 metros sobre el nivel del mar

### 3.1.10. Eficiencia o rendimiento

Se refiere al cociente entre la energía eléctrica generada por la planta y la energía aportada por el combustible. Para calcular el dato, es necesario convertir la cantidad de combustible en energía, para lo cual hay que multiplicar la masa o el volumen del combustible por el Poder Calorífico Inferior (PCI) de éste.

$$\eta_e = \frac{E}{Q}$$

Siendo:

$\eta_e$ =Rendimiento Eléctrico



E= Energía Eléctrica generada en un periodo, medida en bornes de generador (kWh)

Q= Combustible consumido por la planta, en kWh

Tratándose de este proyecto podemos hablar de eficiencia eléctrica y la eficiencia total, en la siguiente tabla se muestran los valores de las eficiencias de las dos opciones.

**Tabla 27 Eficiencia**

<b>Parámetro</b>	<b>Microturbina Capstone C65</b>	<b>Motor de Gas Cummins</b>
Eficiencia eléctrica	28.3 %	23.3 %
Eficiencia térmica	56.8 %	61.9%
Eficiencia neta	85.1%	85.2 %

**Fuente: Elaboración propia, datos Thermoflex 21**

### **3.2. Configuraciones de cogeneración propuestas**

En este proyecto se hacen dos propuestas con diferentes tecnologías de microcogeneración para analizar la viabilidad de cada una de ellas y a partir de ello se elija el proyecto que resulte más rentable económicamente.

La primera propuesta consiste en una microturbina Capstone C65 que con gas LP generará electricidad y con los gases residuales se calentará el agua para alberca y servicios, la capacidad de esta turbina fue seleccionada de acuerdo a las necesidades de electricidad en el horario punta.

### Imagen 20 Módulo Capstone de cogeneración a base de microturbina de gas



Fuente: Capstone

En la segunda propuesta se utiliza un motor de combustión interna a gas, el cual al igual que la turbina se generará energía eléctrica y se aprovechara el calor generado por los gases de escape y por el radiador para el calentamiento de agua.

### Imagen 21 Módulo de cogeneración a base de Motor Cummins



Fuente: Miracle power

Planteamiento y evaluación técnico-económico de un proyecto de Eficiencia energética en el sector servicios, en base a cogeneración



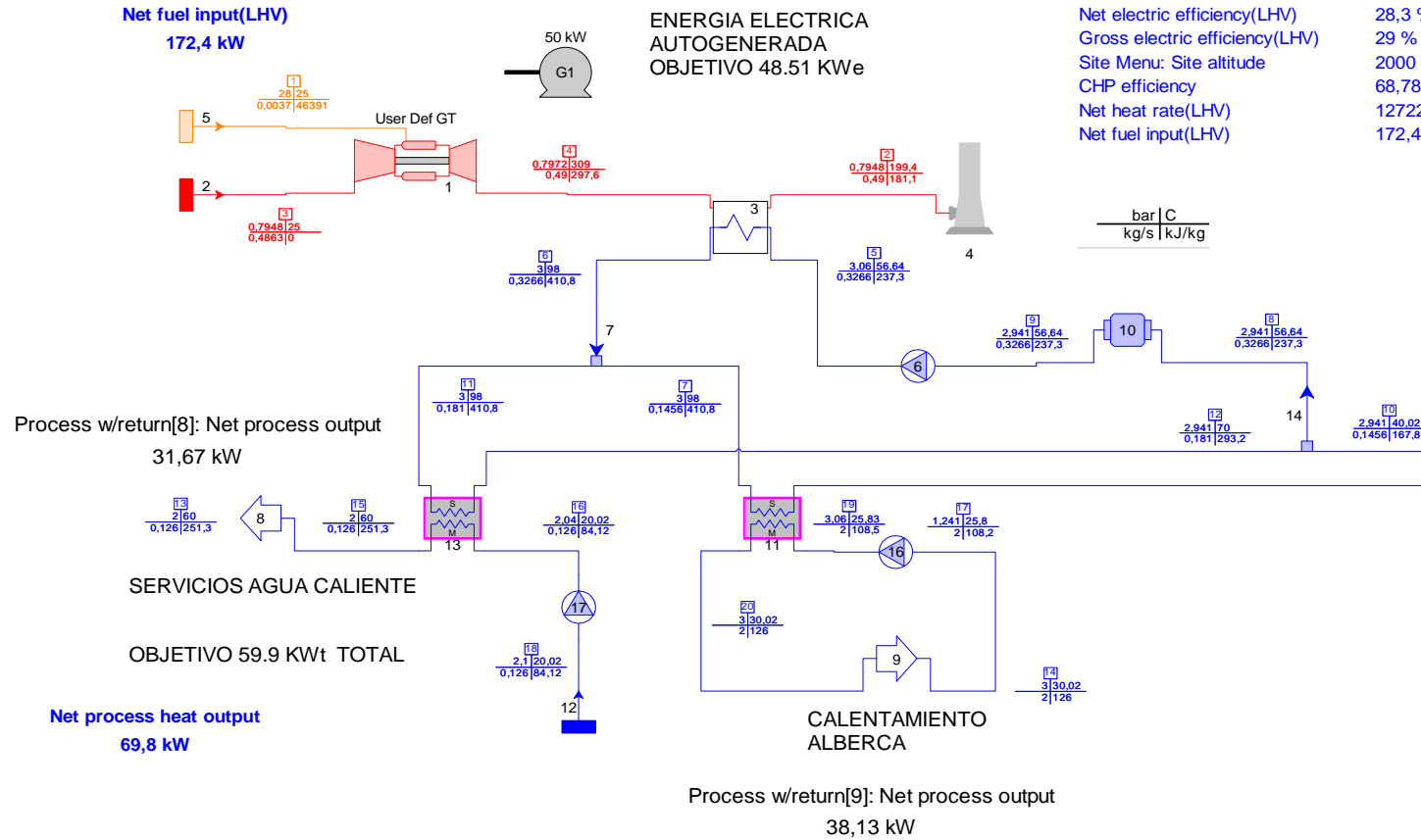
### **3.2.1. Configuración con turbina de gas**

A continuación se hará un análisis técnico de las opciones propuestas en base a los diagramas simulados en el software Thermoflex, se explicara paso a paso cual es el flujo del calor

## Imagen 22 Diagrama térmico del esquema de cogeneración a base de turbina Capstone

**BALANCE DE MASA Y ENERGIA PARA EL ESQUEMA DE COGENERACION EN EL HOTEL MISION TLAXCALA EN BASE A UNA MICRO TURBINA DE GAS Y GAS L.P.**

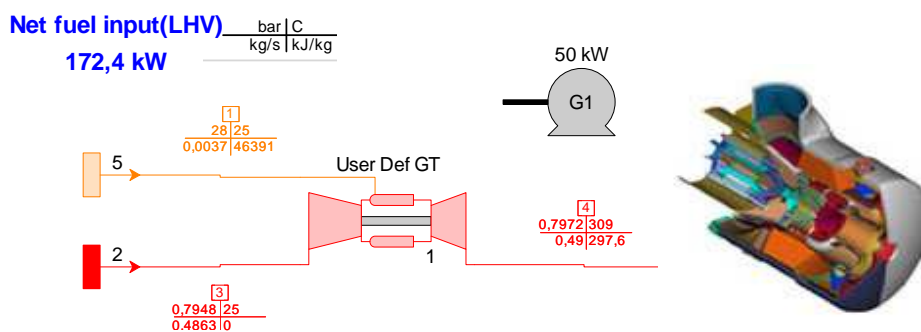
Ambient temperature	25 C
Gross power	50 kW
Net power	48,79 kW
Plant auxiliary	1,213 kW
Net process heat output	69,8 kW
Plant Emissions: CO2 per year	324,4
Net electric efficiency(LHV)	28,3 %
Gross electric efficiency(LHV)	29 %
Site Menu: Site altitude	2000 m
CHP efficiency	68,78 %
Net heat rate(LHV)	12722 kJ/kWh
Net fuel input(LHV)	172,4 kW



Fuente: Software Thermoflex 21

Como se puede observar en el diagrama el sistema empieza en la turbina que es el primer elemento que analizaremos, como podemos observar le llegan dos líneas principales, una de combustible y la otra de aire el cual entra a condiciones ambientales de la ciudad de Tlaxcala y a la salida nos entrega un aproximado de 50 kW de potencia eléctrica a su capacidad máxima, ya que esta se ve reducida por la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra la ciudad de Tlaxcala y además de esto nos entrega gases residuales a 0.7972 bares, 309° C de temperatura, un flujo de 49 kg/seg y una entalpia de 297.6 kJ / kg, este flujo de gases se utilizará para usarse en un economizador.

**Imagen 23 Diagrama e imagen representando la turbina**

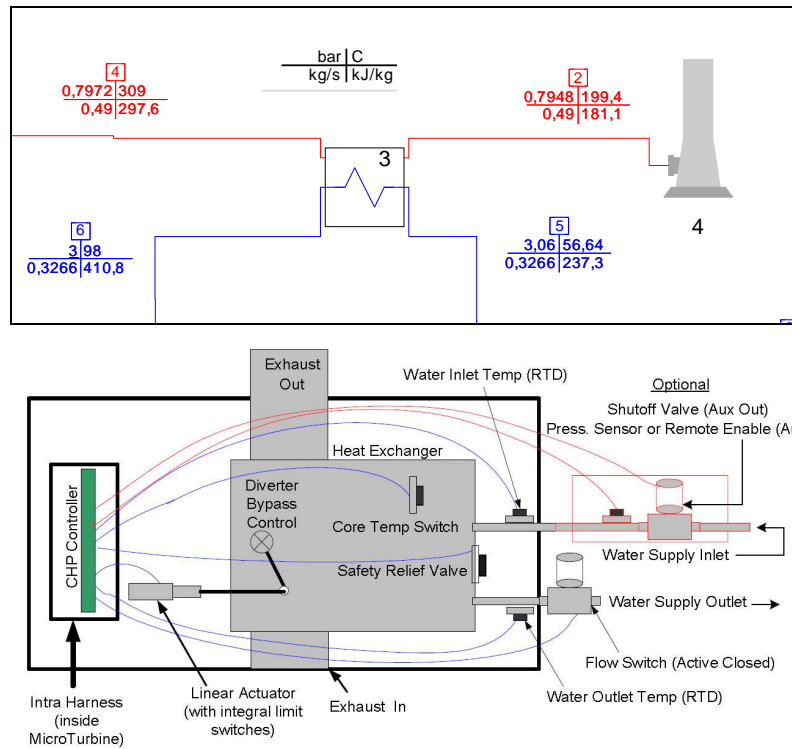


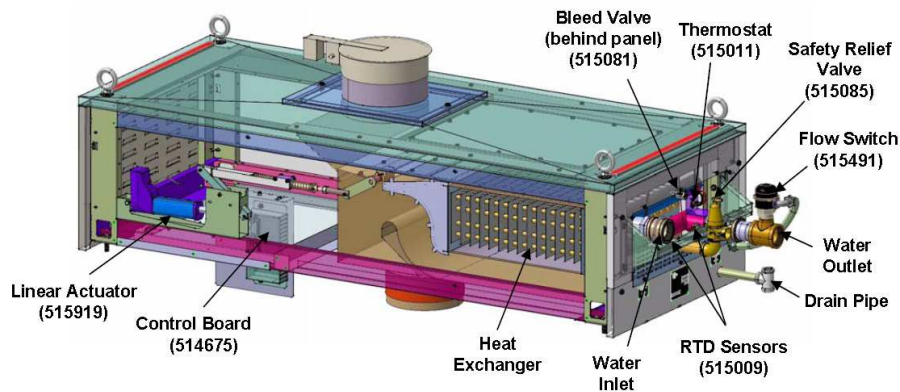
**Fuente: Software Thermoflex y Capstone**

En la segunda parte del diagrama podemos observar que hay un intercambiador de calor, este equipo viene incluido en el paquete de la microturbina y se monta justo encima del gabinete que contiene a la misma, debajo del diagrama podemos ver dos dibujos esquemáticos donde se muestran las partes que contiene el módulo de recuperación de calor, al cual llegan gases procedentes de la turbina, en las condiciones que ya se mencionaron anteriormente y además llega agua de un circuito cerrado impulsado por una bomba, las condiciones del agua que llega, son presión 3.06 bar, temperatura 56.6 °C, flujo de 0.3266 kg / s y una entalpía de 237.3 kJ / kg.

Por medio de transferencia de calor de gas a agua se logra subir la temperatura del agua del circuito cerrado, este calor es tomado de los gases los cuales se expulsan hacia el medio ambiente por una chimenea en la que salen los gases a 0.7948 bar, temperatura de 199.4 °C, flujo 0.49 kg / s y entalpía de 181.1 kJ / kg; mientras que el agua es entregada a 3 bar de presión, 98°C de temperatura, un flujo de 0.3266 kg / s y entalpía de 410.8 kg / s.

**Imagen 24 Diagrama e imágenes representando el intercambiador de calor y la chimenea.**





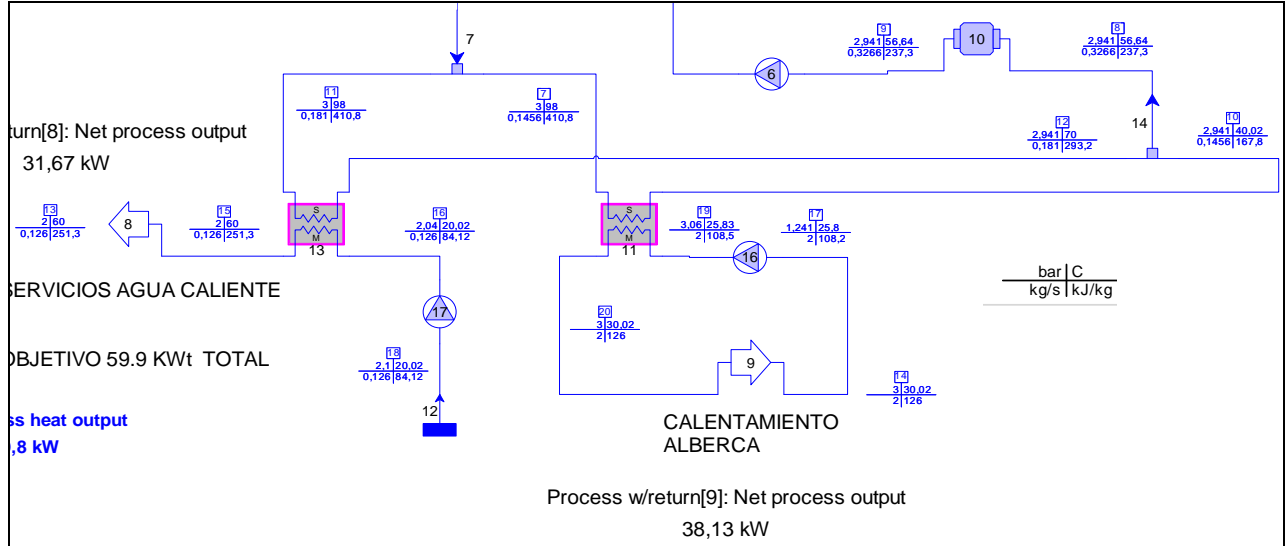
**Fuente: Thermoflex 21 y Capstone**

En esta parte del diagrama se presenta la bomba que circula el agua en el circuito cerrado para transportar el calor desde el intercambiador de calor primario hasta dos intercambiadores de calor, uno para la alberca y otro hacia un tanque de almacenamiento de agua caliente que se ocupará para los servicios de agua caliente sanitaria, estos dos ciclos de agua son abiertos y terminan el diagrama.

Las condiciones de salida para la alberca son 30°C de temperatura y un flujo de 2 kg/seg, para mantener el agua de la alberca a una temperatura agradable. En cuanto al agua para los servicios de agua caliente se almacenarán a una temperatura de 60°C, esto es porque este tipo de agua se ocupará para actividades como duchas o para el llenado de Jacuzzis.



### Imagen 25 Diagramas de los intercambiadores de calor para el agua de servicios y agua de la alberca

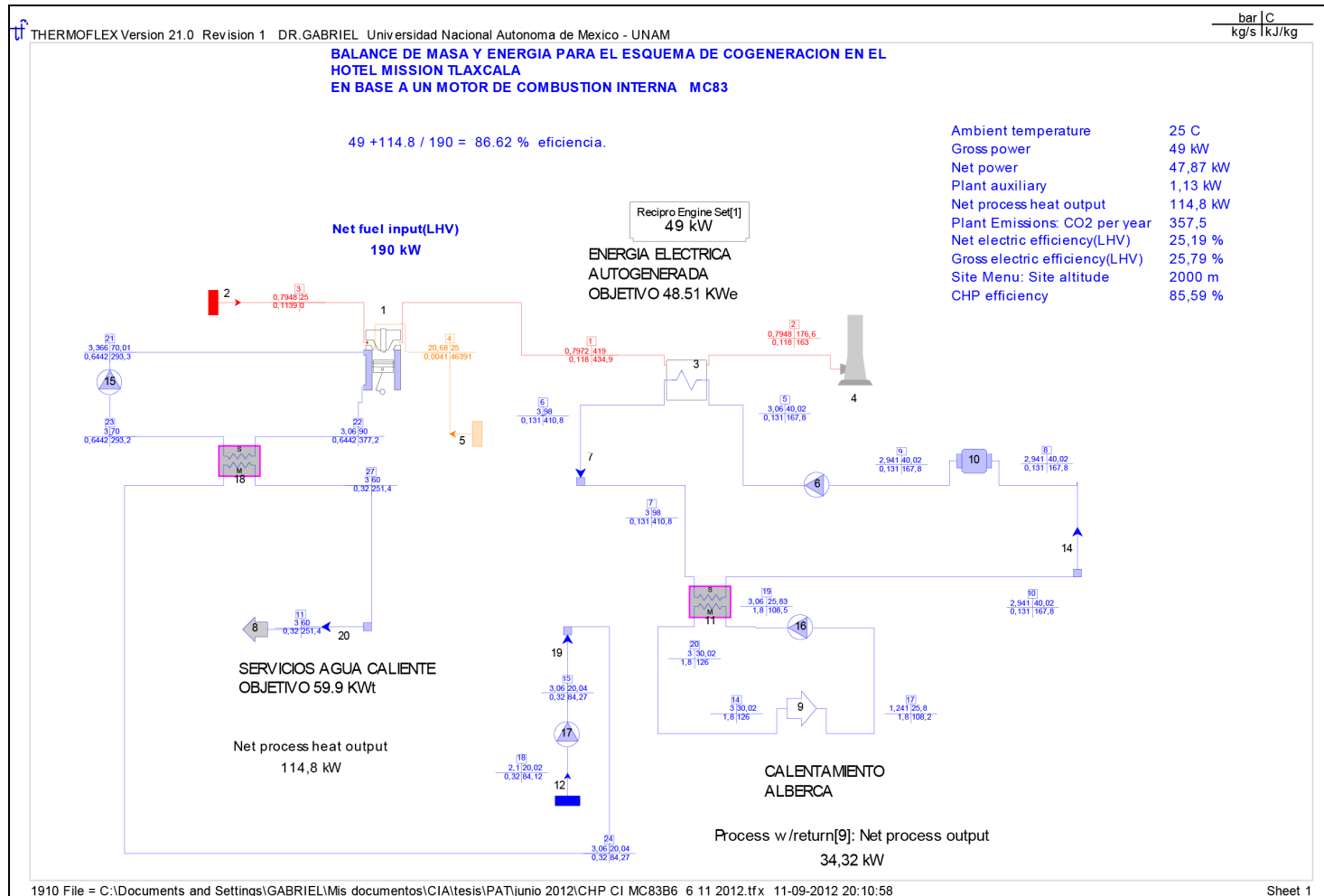


Fuente: Software Thermoflex 21

#### 3.2.1. Configuración con motor de combustión interna

Al igual que con la turbina de gas se hará un análisis técnico de las opciones propuestas con base en los diagramas simulados en el software Thermoflex, se explicara paso a paso cual es el flujo del calor.

## Imagen 26 Esquema de cogeneración a base de motor de gas Cummins.



Fuente: Software Thermoflex 21

En este diagrama se pueden ver varias características del motor, que le sirven al software para calcular los flujos de calor que habrá dentro del sistema, al igual que en el sistema de la turbina, analizaremos este diagrama paso a paso.

Como se puede observar en la imagen 27 el sistema empieza en el motor, este es el primer elemento que se analizara, este motor tiene varias líneas que explicaremos a continuación:

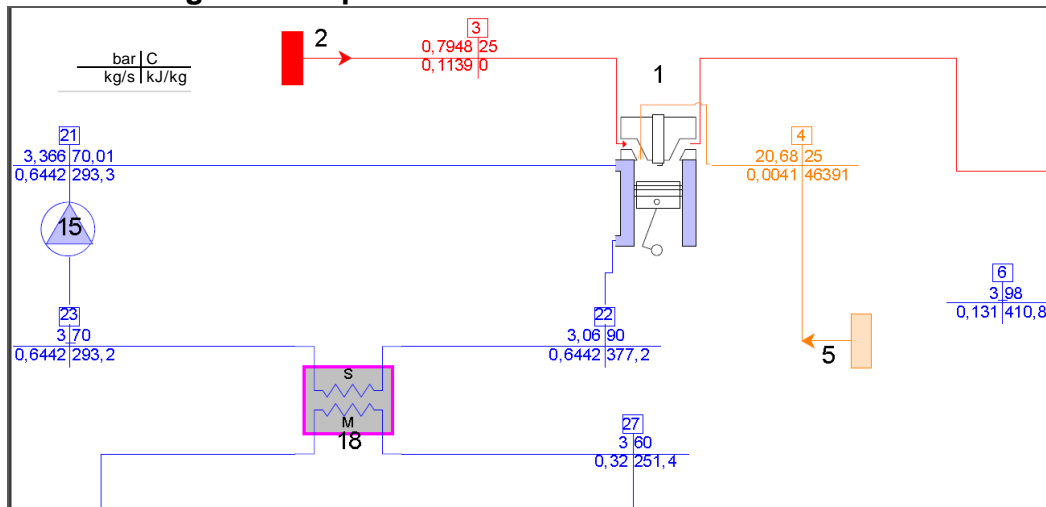
La primera línea en color rojo representa la entrada de aire en condiciones de la ciudad de Tlaxcala, que son 25° de temperatura, 0.7948 bar de presión, entalpia de 0 kJ/ kg y a un flujo de 0.1139 kg/s.

La siguiente línea en rojo representa los gases de escape de este motor, lo cual según las hojas de especificaciones del mismo salen a una temperatura de 419 °C con un flujo de 541 lt / s equivalente a 0.118 kg /s, una entalpia de 434.9 kJ / kg esta línea va hacia un intercambiador de calor ya que posteriormente se aprovechara el calor de estos gases para el calentamiento de agua en la alberca del hotel.

En la parte inferior izquierda del motor se puede ver una línea azul que representa el sistema de enfriamiento del motor, en este caso es por medio de un sistema de intercambio de calor tipo camisa que se le colocará al motor, esta es la mayor fuente de calor que nos aportara el sistema, esta será destinada para la calefacción del agua de la alberca y para los servicios de agua caliente que requiera el hotel, en este caso la línea proporciona un aproximado de 60 kW térmicos.



**Imagen 27 Esquema del motor de combustión interna**

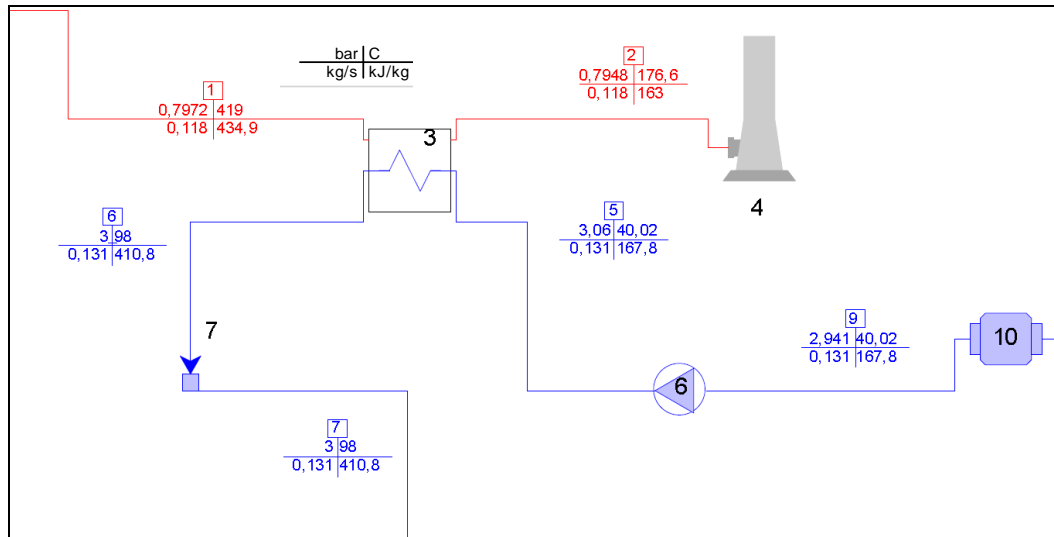


**Fuente: Software Thermoflex**

En la imagen 28 podemos observar que hay un intercambiador de calor, este equipo viene incluido en el paquete CHP del motor de gas y se conecta justo en la salida de gases del motor, al cual llegan gases procedentes del motor, en las condiciones que ya se mencionaron anteriormente y además llega agua de un circuito cerrado representado con la línea azul, impulsada por una bomba, las condiciones del agua que llega, son presión 3.06 bar, temperatura 40.02 °C, flujo de 0.131 kg / s y una entalpia de 167.8 kJ / kg.

Por medio de transferencia de calor de gas a agua se logra subir la temperatura del agua del circuito cerrado, este calor es tomado de los gases los cuales se expulsan hacia en medio ambiente por una chimenea en la que salen los gases a 0.7948 bar, temperatura de 176.6 °C, flujo 0.118 kg / s y entalpia de 163 kJ / kg; Mientras que el agua es entregada a 3.06 bar de presión, 98°C de temperatura, un flujo de 0.131 kg / s y entalpia de 167.8 kg / s, por medio de este intercambiador, se logra recuperar 34.32 kW de calor destinados principalmente al calentamiento de agua de la alberca.

**Imagen 28 Diagrama de intercambiador de calor, bomba de agua y chimenea de salida de gases.**



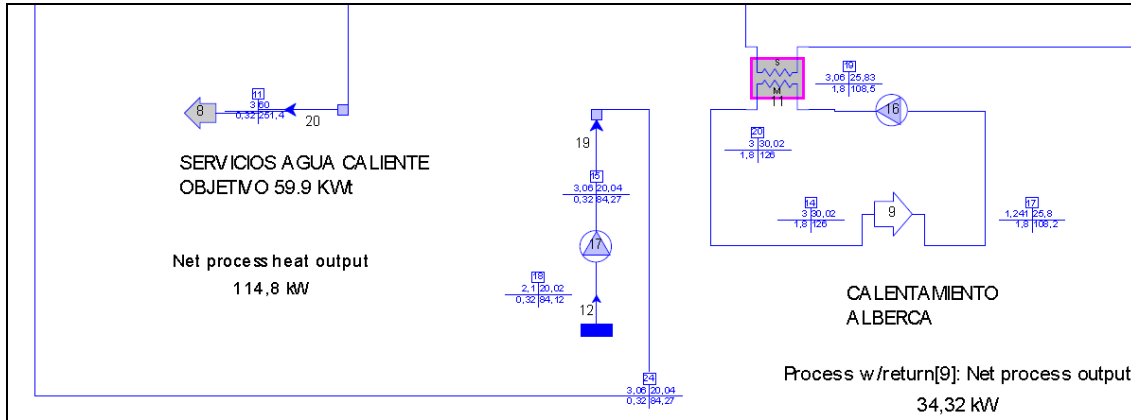
**Fuente: Software Thermoflex 21**

Y finalmente en la última parte del diagrama se representa la bomba que circula el agua en el circuito cerrado para transportar el calor desde el intercambiador de calor primario hasta dos intercambiadores de calor, uno para la alberca y otro hacia un tanque de almacenamiento de agua caliente que se ocupara para los servicios de agua caliente sanitaria, estos dos ciclos de agua son abiertos y terminan el diagrama.

Las condiciones de salida para la alberca son 30°C de temperatura y un flujo de 1.8 kg/s, para mantener el agua de la alberca a una temperatura agradable. En cuanto al agua para los servicios de agua caliente se almacenaran a una temperatura de 60°C, esto es porque este tipo de agua se ocupara para actividades como duchas.



**Imagen 29 Diagrama de intercambiador de calor hacia la alberca y hacia los servicios de agua caliente.**



Fuente: Software Thermoflex 21

### 3.3. Parámetros de rendimiento y desempeño de las opciones técnicas

#### 3.3.1. Perfil de operación del sistema de cogeneración

Conocidos los parámetros de operación del sistema de cogeneración se analizará a continuación el perfil de operación de la misma, para tal efecto tomaremos en cuenta los mejores horarios en los que queremos que opere la turbina para que resulte lo más rentable posible.

Como ya se mencionó en capítulos anteriores, la tarifa con la que opera este hotel es HM con demanda facturable, esto quiere decir que los costos de la electricidad varía durante los diferentes periodos del día.

Lo primero que debemos de cubrir es la demanda de calor a lo largo del día, para lo cual y por conveniencia se dividirá el día en tres periodos que son los mismos en los que se factura la electricidad, estos son: Base, Intermedio y Punta.



Para el horario base e intermedio, las necesidades de energía térmica son mayores que las de energía eléctrica por lo que se tomará como base la energía térmica requerida por la alberca y los servicios para definir la operación de la planta.

Sin embargo para el horario punta, dado que la energía eléctrica es casi el doble del costo que en el horario base, daremos prioridad a la producción de energía eléctrica.

### 3.3.2. Parámetros de rendimiento con turbina de gas

Como resultado neto del análisis del diagrama térmico de la configuración con turbina de gas, podemos obtener un parámetro muy importante que nos ayudará a deducir el funcionamiento el esquema, este parámetro es la relación calor/electricidad del sistema, que para este esquema de cogeneración es de 69.76 kWht / 48 kWhe, esto nos da una relación Q/E de 1.453, lo cual significa que por cada kilowatt-hora eléctrico producido el esquema produce también 1.453 kilowatt-hora térmicos.

Con esta relación tenemos lo siguiente:

$$R_{Q/E} = \frac{kWht}{kWhe} \dots \text{ec. 1}$$

Para conocer la carga a la que operará la planta ocuparemos la siguiente fórmula:

$$kW = \frac{kWhe}{\text{horas de operación}} \dots \text{ec. 2}$$

Sustituyendo ec. 1 en ec.2 tenemos:

$$kW = \frac{kWht}{R_{Q/E} * \text{horas de operación}} \dots \text{ec. 3}$$



Si comparamos la carga que se le requerirá al generador con la carga máxima que nos puede entregar a la altura de la ciudad de Tlaxcala que es de 48 kW entonces tenemos que el porcentaje de carga a la que operara el motor es la siguiente:

$$\% \text{ Carga} = \frac{\text{kWht}}{48 \text{ kW} \times \text{horas de operación}} \times 100 \dots \text{ec. 4}$$

El factor de planta viene dado por la relación que existe entre el dividir la energía real generada, entre la energía generada a plena carga, durante un mismo periodo de tiempo.

En la práctica, el factor de planta no es nunca del 100 % y se ve disminuido por las siguientes circunstancias:

- Las operaciones de mantenimiento, las fallas que se pudieran presentar en los equipos.
- La ausencia de demanda de electricidad que obliga a disminuir la generación de electricidad.
- La intermitencia o irregularidad de la fuente de energía, retraso en entrega de combustibles u otro tipo de energía alternativa.

Una vez conociendo estos parámetros de rendimiento podemos hacer una proyección del consumo que tendrá la turbina una vez que esté instalada, a continuación se resumen los resultados de esa proyección.



**Tabla 28 Parámetros de cogeneración con base en el esquema con microturbina Capstone**

<i>Parámetro mensual promedio</i>	<i>Base</i>	<i>Intermedio</i>	<i>Punta</i>
Días de operación al mes	30	30	30
Horas al día	8	13.73	2.27
Carga (%)	33 %	68.1%	64.02 %
Factor de planta (%)	92 %	92 %	92 %
Necesidad eléctrica (kWh / mes)	10988.98	21169.41	2829.93
Generación eléctrica (kWh / mes)	4794.18	16779.63	2829.93
Necesidad térmica (kWh / mes)	7571.7	26500.9	3785.83
Generación térmica (kWh / mes)	7571.7	26500.9	4111.9
Faltante de energía eléctrica por comprar (kWh / mes)	6194.8	4389.78	0
Faltante de energía térmica por comprar (kWh / mes)	0	0	-336.06 <sup>15</sup>

Fuente: Elaboración propia

Estos datos nos serán de mucha utilidad para calcular los ahorros que se tendrán en el sistema de cogeneración.

### 3.3.3. Parámetros de rendimiento con motor de combustión interna

Antes de realizar el análisis del sistema con este modelo de motor de gas, se analizaron otras opciones, las cuales se descartaron por su precio excesivo, por su baja eficiencia, por su poca disponibilidad en el mercado o por lo difícil que sería llevarlo al lugar de instalación, en el anexo 3 se muestran las opciones que se encontraron disponibles.

<sup>15</sup> El signo negativo representa calor que se desechara al ambiente.



Para este caso como resultado neto del análisis del diagrama térmico de la configuración con Motor de gas, podemos obtener un parámetro que al igual que en el caso de la turbina nos ayudará a deducir el funcionamiento el esquema, este parámetro es la relación calor/electricidad del sistema, que para este esquema de cogeneración es de 114.8 kWh<sub>t</sub> / 49 kWh<sub>e</sub>, esto nos da una relación Q/E de 2.34, lo cual significa que por cada kilowatt-hora eléctrico producido el esquema produce también 2.34 kilowatt-hora térmicos.

Al igual que en la turbina este esquema de cogeneración arroja parámetros que tenemos que considerar al momento de elegir cuál es el equipo más conveniente para utilizar, una vez conociendo estos parámetros de rendimiento se puede hacer una proyección del consumo que tendrá el motor una vez que esté instalado, a continuación se resumen los resultados de esa proyección.

**Tabla 29 Parámetros de cogeneración en base al esquema con el motor Cummins**

Parámetro mensual promedio	Base	Intermedio	Punta
Días de operación al mes	30	30	30
Horas al día	8	13.73	2.27
Carga (%)	27 %	67.7%	84.7 %
Factor de planta (%)	92 %	92 %	92 %
Necesidad eléctrica (kWh / mes)	10988.98	21169.41	2829.93
Generación eléctrica (kWh / mes)	2973.26	12586.42	6630.14
Necesidad térmica (kWh / mes)	7571.7	26500.9	3785.83
Generación térmica (kWh / mes)	7571.7	26500.9	4111.9
Faltante de energía eléctrica por comprar (kWh / mes)	10988.98	8582.98	0
Faltante de energía térmica por comprar (kWh / mes)	0	0	-326.07 <sup>16</sup>

<sup>16</sup> El signo negativo representa calor que se desecha al ambiente.



### **3.4. Conclusión**

Una vez teniendo todos estos elementos técnicos, ya se puede tomar una decisión acerca de cuál es la mejor opción para implantar el sistema de cogeneración ya que se cuenta con las eficiencias de los dos sistemas, además sabemos cual proporcionara más fácilmente el calor y la electricidad que necesitamos.

Con base en el análisis técnico, la mejor opción es el motor de gas, a pesar de que en la tabla 26 de parámetros técnicos de cogeneración se observa que la electricidad generada es menor que la que se genera con la turbina, tiene buenos rendimientos eléctricos. Además se observa que a pesar de que son prácticamente de la misma capacidad las dos opciones, a una se le puede extraer más calor que a otra.

Sin embargo aun teniendo todos estos elementos técnicos, aún queda un rubro muy importante, tal vez el más importante al decidir cuál es mejor opción, este rubro es el económico, ya que con este podremos saber en cuanto tiempo se puede recuperar los costos que tendrán las propuestas técnicas aquí expuestas, y esto será de gran utilidad al momento de tomar una decisión.



## **CAPITULO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS OPCIONES**

### **4. Introducción**

Después de analizar las dos propuestas técnicas mostradas en el capítulo anterior se hará el análisis económico de ambas propuestas para saber cuál es el proyecto que resulta más viable de realizar, cual es el que se recupera en menos tiempo y las dificultades que pudieran presentar al llevarlos a cabo.

La evaluación consiste en una actividad encaminada a tomar una decisión, en este proyecto se presentaron dos alternativas, ambas tomaron diferentes caminos, debido a las dificultades técnicas y económicas que se presentaron en cada una, además de que son tecnologías con diferentes principios de funcionamiento, diferentes eficiencias y diferente comportamiento, por lo cual los elementos que se usaron para adaptarlas a nuestro propósito en cogeneración fueron muy diferentes, todo esto va encaminado a que al final estos elementos serán un punto de partida para tomar la mejor decisión.

El objetivo básico de todo estudio de un proyecto es evaluarlo, es decir, calificarlo y compararlo con otros proyectos de acuerdo con una determinada escala de valores a fin de establecer un orden; esta tarea exige precisar las ventajas y desventajas de la asignación de recursos a un fin dado.

Después de realizar la evaluación y la presentación de resultados, la persona que toma la decisión final deberá de contar con parámetros, modelos para poder discernir cuál de las propuestas de análisis se apega a lo establecido previamente o cumple con las necesidades requeridas.

La evaluación es prioritaria en los diversos niveles tanto del trabajo en la iniciativa privada como en las instituciones públicas puesto que es la base para poder tener



proyectos viables y sobre todo que se puedan realizar. Para que las evaluaciones de los diversos proyectos sean viables deben analizarse desde el contexto social, político, económico, ambiental y cultural, con esto se garantiza una continuidad y una liga entre la concepción mental y la realización de cualquier proyecto.

El principal fundamento<sup>17</sup> para decidir la viabilidad de un proyecto de cogeneración está dado por la mejora económica que se pueda lograr con el desarrollo de la técnica de cogeneración en el proceso industrial dado. Así que la evaluación de la viabilidad económica tiene componentes técnicos y financieros, por tanto la identificación y evaluación de los costos que intervienen en el análisis de los esquemas de cogeneración, primero contra los convencionales y después entre ellos, ofrecen el mejor y más claro criterio de decisión.

La reducción del costo de generar los requerimientos energéticos por cogeneración, es función del valor de mejora que se pueda lograr en la eficiencia respecto a la forma convencional. Estos costos pueden ser reducidos aun más con el incremento en el ahorro que se pueda obtener con la venta de excedentes eléctricos y/o térmicos. Ya que este flujo de ingreso por ventas se suma al flujo de efectivo generado por el ahorro en la factura eléctrica. Pero si no hay venta de excedentes y en vez de eso hay porteo a una instalación asociada, deberá haber un ingreso derivado de la diferencia de costo entre el costo del servicio de transmisión y el costo evitado en la compra de la energía que hace la instalación asociada en la red pública. Así que la evaluación de estos dos flujos e integrándoles el costo por la construcción de la infraestructura y los gastos de operación darán sustento a la comparación entre ahorros dados por diferentes arreglos de cogeneración. El abasto por cogeneración es más económico que la forma convencional.

---

<sup>17</sup> Notas de cogeneración, Gabriel León de los Santos, UNAM. Consultado el 28 de mayo de 2011.



De existir excedentes y dependiendo de la planta de cogeneración, los excedentes pueden ser puestos en la red como venta o como porteo a una instalación asociada<sup>18</sup>.

#### **4.1. Evaluación del resultado neto de operación**

En esta parte se consideraran los costos que tendrá la producción de electricidad a través del sistema de cogeneración, así como el costo total de la inversión para hacer un comparativo entre las dos opciones.

La evaluación económica constituye la parte final de toda secuencia de análisis de factibilidad en los proyectos de inversión, en la cual, una vez concentrada toda la información generada, se aplican métodos de evaluación económica que contemplan el valor del dinero a través del tiempo, con la finalidad de medir la eficiencia de la inversión total involucrada y su probable rendimiento durante su vida útil.

Especialmente en los proyectos de carácter lucrativo la parte que corresponde a la evaluación económica es fundamental, puesto que con los resultados que de ella se obtienen, se toma una decisión de llevar a cabo o no la realización de un proyecto determinado.

Esta propuesta está basada en generadores de Microturbinas marca CAPSTONE de 65 Kw de capacidad y la otra de un motor Cummins de 65 kWe, a continuación se ponen los parámetros necesarios para realizar dicha evaluación.

---

<sup>18</sup> Ver indicaciones para cogeneración eficiente, CRE.



**Tabla 30 Parámetros de consumo de los esquemas de cogeneración**

<b>Tecnología</b>	<b>Turbina Capstone</b>	<b>Motor Cummins</b>
Combustible de las turbinas	Gas LP	
Precio del combustible sin IVA	\$5.62	
Consumo de combustible mensual promedio actual	8430.3 litros de Gas LP	
Estimado de combustible con la propuesta	8871.4 litros de Gas LP	8435.25 litros de Gas LP
Necesidad de kWh de calor al mes	37625.42 kWh	
Necesidad de kWh eléctricos al mes	34988.3 kWh	

Fuente: Elaboración propia

Como ya se explicó en el perfil de operación del esquema de cogeneración, se ha asumido la propuesta de maximizar la capacidad instalada, produciendo la máxima electricidad posible que se consuma en el horario punta y el consumo de calor necesario en los horarios base e intermedio.

La propuesta es simplemente adicionar equipos de generación de electricidad al sistema de generación de agua caliente para duchas y la calefacción de la alberca y conectar al tablero de control principal en la subestación, el abastecimiento eléctrico de la turbina y los supresores de picos.

El combustible promedio usado es de 38,753 litros de gas LP trimestrales. En este caso la separación del consumo para el calentamiento de agua y consumo en cocina es fácil dado que se usan tanques de aprovisionamiento diferentes: 65% es usado en las calderas y la alberca, esto representa 25,290 litros.



Con este esquema de cogeneración tenemos ahorros en electricidad ya que de acuerdo a lo proyectado mensualmente se tienen ahorros por consumo que se desglosan a continuación.

**Tabla 31 Ahorros mensuales estimados con los dos sistemas**

Horario	Convencion al a	Proyectado		Ahorros	
		Turbina b	Motor c	Turbina a-b	Motor a-c
Demanda	17,538.22	5,191.59	5,191.6	12,343.63	12,346.3
Base	10,821.51	6,093.55	7,889.31	4,727.96	2,932.2
Intermedio	25,053.71	5,166.46	10,068.61	19,887.25	14,985.1
Punta	5,695.24	0	0	5,695.24	5,695.24
Total	59,098.67	16,451.61	23,149.51	42,647.06	35,958.24

Fuente: Elaboración propia

A estos ahorros en electricidad se debe descontar el combustible extra que se tendrá con este esquema de cogeneración, a continuación se presenta una tabla con los costos promedios mensuales de combustible extra en pesos.

**Tabla 32 Gastos mensuales por combustible extra estimados**

Combustible	Convencional	Proyectado	Combustible extra
Costo Turbina (\$)	47,363.02	50,603.37	3,240.35
Costo Motor (\$)		47,481.02	118.00

Fuente: Elaboración propia

Al obtener la diferencia entre el ahorro por electricidad y el gasto por combustible tenemos que el ahorro neto mensual para la turbina es de \$39,660 pesos mensuales, que al año suman 475 mil pesos y para el motor \$35,831 mensuales lo que





representa 429 mil pesos al año, esto representa el resultado neto anual, ahorro con el cual se pagará el proyecto.

## **4.2. Costos de inversión**

La evaluación económica forma la parte final de toda secuencia de análisis de factibilidad en los proyectos de inversión, en la cual, una vez concentrada toda la información generada, se aplican métodos de evaluación económica que contemplan el valor del dinero a través del tiempo, con la finalidad de medir la eficiencia de la inversión total involucrada y su probable rendimiento durante su vida útil.

Especialmente en los proyectos en los que se espera obtener un beneficio económico la parte que corresponde a la evaluación económica es fundamental, puesto que con los resultados que de ella se obtienen, se toma una decisión de llevar a cabo o no la realización de un proyecto determinado.

### **4.2.1. Inversión**

Al momento de realizar un análisis económico, uno de los primeros conceptos que se debe de analizar es la inversión, es decir la aplicación de determinados fondos para la adquisición de los bienes necesarios para poder arrancar determinado proyecto; para su estudio la inversión se desglosa de la siguiente manera:

- Desarrollo del proyecto (licencias, terrenos, contratos)
- Obra civil
- Terreno
- Equipos
- Instalaciones eléctricas
- Instalaciones térmicas



- Supervisión y puesta en marcha
- Seguros y comisiones del proyecto
- Dirección del proyecto

A continuación se hace un desglosado general de los costos de las tecnologías propuestas.

**Tabla 33 Costos generales de los equipos**

Equipos	Esquema CHP con Microturbina	Esquema CHP con Motor a gas LP
Equipo principal	US\$168,603.68	US\$76,825.73
Gastos de importación	-----	150,000.00
Equipos auxiliares	\$158,412.40	158,412.40
Mano de obra	\$100,000.00	100,000.00
Misceláneos	\$80,000.00	80,000.00
Total (en pesos de 2012)	\$2,530,260.00	\$1,448,146.89

Fuente: Elaboración Propia

Los parámetros técnicos en ambos esquemas de cogeneración son muy diferentes, a pesar de ello nos dan resultados prácticamente similares en cuanto a los ahorros económicos que se pueden obtener con ambos; sin embargo, al cotizar los equipos de cogeneración se encontró que la microturbina supera por mucho el precio del motor por lo que la decisión para elegir el sistema será prácticamente el costo, en este caso se elige el sistema de cogeneración a base de Motor de combustión interna.

#### **4.3. Indicadores de rentabilidad económica**

A continuación se presentan una serie de parámetros que nos indicaran el comportamiento económico del proyecto, ya que se hará una inversión en el, se



deben tener en cuenta estos indicadores para saber si el proyecto es económicamente viable y lo podemos llevar a cabo.

Aquí se establecerán parámetros de rentabilidad de la inversión del proyecto, y son los siguientes.

Pago de la inversión ( $K$ ), es el número de unidades monetarias que el inversor debe desembolsar para conseguir que el proyecto empiece a funcionar como tal.

- Vida útil de proyecto ( $n$ ), es el número de años estimados durante los cuales la inversión genera rendimientos.

- Flujo de caja ( $R_i$ ), resultados de efectuar la diferencia entre cobros y pagos, ya sean estos ordinarios o extraordinarios, en cada uno de los años de la vida del proyecto.

#### **4.4. Análisis de previabilidad económica**

El análisis de la viabilidad económica pretende determinar la racionalidad del proyecto para poder llevarlo a cabo. Para ello es necesario definir el coste de la solución óptima, entendiendo por tal la que minimiza el coste de satisfacción de todas las demandas a partir de las fuentes identificadas en los análisis anteriores, comprobar que ese coste es compatible con la racionalidad económica de la solución mediante el correspondiente análisis costo-beneficio y, por último, verificar que las demandas a satisfacer presentan capacidad de pago suficiente para afrontar el coste unitario resultante del agua trasvasada.

En muchas ocasiones, los recursos de los que se dispone para evaluar la viabilidad económica como en este caso vienen determinados por los que produce el propio



sistema, proyecto o idea que se está evaluando, por lo que en realidad se lleva a cabo un análisis de rendimiento o rentabilidad interna.

La siguiente tabla resume a grandes rasgos un análisis de las posibles variables económicas que pudieran afectar al proyecto. En primer lugar vemos el Costo convencional de la electricidad y del gas utilizado en el hotel, datos que fueron analizados previamente. En segundo lugar se observa el costo que tiene la electricidad y el calor, una vez instalado el sistema de cogeneración, este análisis también se realizó previamente, en estos costos ya está incluido el combustible extra que se utilizara. La diferencia entre estos dos conceptos nos dará los ahorros que obtendremos con este proyecto.

En el costo de la inversión podemos ver el comparativo de los dos diferentes sistemas que se están analizando, este posiblemente sea el punto más importante para tomar una decisión, ya que el costo de la inversión determinara cual es más viable económicamente.

Dado que algunos elementos para el sistema de cogeneración se compran en el extranjero, hay que tener en cuenta el tipo de cambio a la moneda más común que se usa, en este caso la transacción del motor se llevara a cabo en dólares.

La TREMA es la tasa de rendimiento mínimo aceptable, considerando los riesgos de la inversión y otros factores que pudieran afectar, en este caso se considera que el FIDE presta dinero a una tasa del 9.4% para proyectos y considerando los riesgos y la inflación, la tasa mínima para la realización del proyecto es del 12.1%, que son las tasas promedio del mercado, para el financiamiento de proyectos.



**Tabla 34 Datos para la pre viabilidad económica**

<b>COSTO CONVENCIONAL</b>	\$ 1,277,540	
<b>COSTO DE COGENERACIÓN CHP</b>	\$ 847,567	
<b>COSTO DE INVERSIÓN CHP</b>	\$ 1,448,147	
Ahorro total	\$ 429,973	
<b>Supuestos de evaluación</b>		
Tipo de cambio	\$ 13.00	\$/US\$
Tasa de inflación anual	3.90%	<b>CORRIENTE</b>
Tasa de descuento TREMA	16.00%	
Tasa de descuento TREMA	12.10%	
Tasa de financiamiento	0.00%	
Expectativa de vida	20	años

**Fuente: Elaboración propia**

### Flujo de caja

El flujo de caja en este proyecto está representado por los ahorros que se tienen en cada tecnología de cogeneración y representa el dinero con el que se pagaran los proyectos, además de esto, una vez pagados los proyectos y dado que la expectativa de vida de los equipos es de 20 años se seguirán teniendo ahorros que representan una utilidad extra para el hotel por concepto de electricidad producida, estos resultados que se muestran son anuales.

**Tabla 35 Flujo de caja**

Tecnología	Motor de gas
Flujo de caja	429,973.00

Fuente: Elaboración propia



### Flujo acumulado del proyecto en el tiempo de vida

Este análisis se hace a través del tiempo de vida del equipo, y considerando costos como el interés que se tiene que pagar por el financiamiento, la amortización de los pagos, y el flujo de caja. Y una vez que se hizo el análisis de sensibilidad podemos tomar como tasa de referencia la de 12.1 %. El resultado de este análisis nos da el tiempo en el que se recupera la inversión, en la siguiente tabla se muestran los análisis tanto para la turbina como para el motor de gas.

**Tabla 36 Flujo acumulado Pesos**

<b>AÑO</b>	<b>FLUJO NETO</b>
0	(\$1,448,147)
1	(\$1,064,585)
2	(\$722,424)
3	(\$417,195)
4	(\$144,913)
5	\$97,979
6	\$314,653
7	\$507,940
8	\$680,364
9	\$834,176
10	\$971,386
11	\$1,093,785
12	\$1,202,973
13	\$1,300,375
14	\$1,387,264
15	\$1,464,774
16	\$1,533,918
17	\$1,595,598
18	\$1,650,620
19	\$1,699,704
20	\$1,743,489

Fuente: Elaboración propia

## Análisis de Sensibilidad

Una vez que se tienen los elementos necesarios para realizar la evaluación económica podemos hacer un análisis en el que se consideran los riesgos como pueden ser el aumento en las tasas de rendimiento<sup>19</sup> (TREMA), muy utilizado en las empresa a la hora de tomar decisiones de inversión, que consiste en calcular los nuevos flujos de caja y el VPN al cambiar una variable. De este modo teniendo los nuevos flujos de caja y el nuevo VAN podremos calcular o mejorar nuestras estimaciones sobre el proyecto que vamos a comenzar en el caso de que esas variables cambiasen o existiesen errores iniciales de apreciación en los datos obtenidos inicialmente.

**Tabla 37 Análisis de sensibilidad**

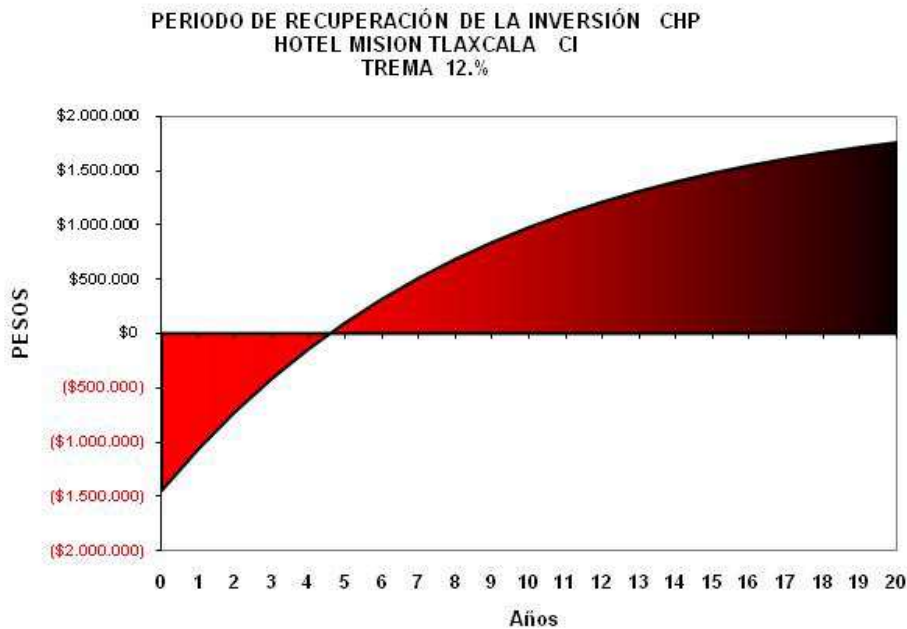
ESQUEMA CHP HOTEL MISION TLAXCALA MONEDA CONSTANTE DE 2012 PESOS ANUAL	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD				
	20	20	20	20	PERIODO
	20.00%	18.00%	12.10%	10.00%	Trema
VPN ahorros	\$2,093,790	\$2,301,538	\$3,191,636	\$3,660,606	
VPN Inversión inicial	\$ 1,448,147	\$ 1,448,147	\$ 1,448,147	\$ 1,448,147	\$
Costos Ahorrados	\$ 429,973	\$ 429,973	\$ 429,973	\$ 429,973	\$
Valor presente neto	\$645,643	\$853,391	\$1,743,489	\$2,212,459	\$
Mensualidad equivalente	\$132,587	\$159,431	\$234,881	\$259,875	\$/año
Relación Beneficio - Costo	1.45	1.59	2.20	2.53	
TASA INT. DE RENDIM.	29.52%	29.52%	29.52%	29.52%	TIR
Período de recuperación simple	6.14	5.63	4.58	4.31	años
Anualidad de la inversión	\$297,386	\$270,543	\$195,093	\$170,099	\$

**Fuente: Elaboración propia**

<sup>19</sup> Para una empresa privada el valor usual podría ser igual o mayor de 20% anual.



**Imagen 30 Periodo de Recuperación de la inversión con TREMA del 12%**



**Fuente: Elaboración Propia**

#### **4.5. Escenarios de financiamiento**

El Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica FIDE, otorga financiamiento a proyectos que contribuyen al Ahorro de Energía Eléctrica dirigido este apoyo a diversos sectores: Industria, Comercios y Servicios, Municipios, MyPEs y usuarios DAC.

#### **Características y Condiciones del Crédito**

- Tasa de interés preferencial sobre saldos insolutos CPP+6 Puntos;
- Reembolso máximo de 36 pagos mensuales iguales, con base al periodo de recuperación del proyecto. (para el caso de nuevas tecnologías y microgeneración 60 pagos mensuales)





## Planteamiento y evaluación técnico-económico de un proyecto de Eficiencia energética en el sector servicios, en base a cogeneración

- Tiempo máximo de ejecución del Proyecto 3 meses.
- Formas de pago al proveedor:
  - 100% contra finiquito
  - 50% anticipo<sup>20</sup> y 50% contra finiquito
  - 40% anticipo<sup>21</sup>, 30% avance y 30% finiquito

Para este proyecto se realizó una simulación de financiamiento a través de un software propiedad del Fideicomiso del Ahorro de Energía eléctrica, los resultados que arrojó este ejercicio fueron los siguientes.

---

<sup>20</sup> Nivel de apalancamiento

<sup>21</sup> Idem



### Imagen 31 Simulación de financiamiento a través del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica<sup>22</sup>

Información general			
Nombre o razón social:	PROHOMI SA DE CV	Categoría:	Comercios y Servicios
R.F.C.:	PRO030110FC8	Proyecto:	CS5 Proyectos de Ahorro de Energía Eléctrica en establecimientos comerciales y de servicios, con recuperación del costo financiero
Dirección:	Calle PRAGA 60, No.Ext 1274, Col. JUAREZ, Del. ó Mpio. CUAUHTEMOC, Edo. DISTRITO FEDERAL, C.P. 6600	Giro:	SERVICIOS PARA EMPRESAS, PERSONAS, EL HOGAR Y DI
Tipo de apoyo:	Financiamiento	Rama:	HOTEL
Monto:	\$154,9726.36	Estatus:	Integración docs. legal

Datos de pagaré			
Tipo pagaré: PERSONA MORAL			
ADMINISTRADOR UNICO		ROBERTO LUIS ZAPATA LLABRES	
Calle PRAGA 60, No.Ext 1274, Col. JUAREZ, Del. ó Mpio. CUAUHTEMOC, Edo. DISTRITO FEDERAL, C.P. 6600			
Dirección de pagaré:			
Pago:	TRIMESTRAL	Años:	5
Tasa:	9.28	I.V.A.:	16
Fecha entrega anticipo:		Monto anticipo:	
Fecha entrega avance:		Monto avance:	
Fecha entrega finiquito:	12/12/2012	Monto finiquito:	1,448,147.00
Fecha vencimiento 1er. pagaré:	12/03/2013	Recuperación:	<input checked="" type="radio"/> FIDE <input type="radio"/> CFE
Montos globales			
Monto financiado:	\$1,448,147.00	Tasa anual de interés:	0.026912
Importe de 1er. pagaré:	\$94,580.50	Importe de pagarés restantes:	\$94,580.50
Inversión total para aplicación de medidas:	\$1,448,147.00	Financiamiento FIDE:	\$1,448,147.00
Monto total de proyecto (obra + interés):	\$1,830,442.69	Interés a pagar sin I.V.A.:	\$382,295.69
Ahorro anual:	\$431,389.86	Importe a reembolsar:	\$1,891,610.00
Periodo de recuperación real:	3.36	CAT:	11.21%
Fecha elaboración: 12/11/2012 06:46:08 p.m.		Elaboró: PAMELA CLARA ALVAREZ	

Fuente: Elaboración propia

En esta simulación nos interesa principalmente el **Periodo Simple de Recuperación** que para este proyecto el software arroja un periodo de **3.36 años** con pagares trimestrales de \$94,580.50 que se pagan prácticamente con los ahorros obtenidos por la instalación del sistema.

<sup>22</sup> Los nombres y las marcas utilizadas en esta tabla son para uso exclusivamente académicos relativos a esta tesis, los autores de la misma no se hacen responsables por el mal uso de esta información



#### **4.6. Consideraciones medio ambientales**

##### **Consideraciones medioambientales<sup>23</sup> del proyecto como MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio)**

En un proyecto en donde se desea aprovechar la energía de manera más eficiente, en este caso el Gas LP, no se deben dejar pasar todas aquellas consideraciones tanto ambientales como sociales, el propósito es asegurar que las opciones de desarrollo bajo consideración sean ambientalmente adecuadas y sustentables y que toda consecuencia ambiental sea reconocida en el ciclo del proyecto y tomada en cuenta para el diseño del mismo.

##### **Impacto ambiental**

El desarrollo energético implica la realización e múltiples actividades y generación de productos y residuos que impactan sobre el medio ambiente; las emisiones al ambiente resultado de estas actividades afectan al aire, el agua y los suelos, e inciden en el cambio climático (emisión de CO<sub>2</sub> y de otros gases de efecto invernadero).

Es de vital importancia el uso sustentable de los recursos naturales energéticos, incrementar la eficiencia del uso de la energía y la utilización de energías renovables para contribuir a atenuar el impacto de las actividades económicas; así y de acuerdo al plan Nacional de Desarrollo en México, el sector busca proteger, conservar y aprovechar sustentablemente los recursos naturales y el medio ambiente.

---

<sup>23</sup> Comparación del desempeño de tecnologías de generación eléctrica, aplicadas en un hotel de Tequisquiapan, en base a residuos de la biomasa; TESIS PROFESIONAL; Para obtener el título de ingeniero Eléctrico-Electrónico; Presenta: José Antonio Romero Bustos; Director de Tesis; Dr. Gabriel León de los Santos; Ciudad Universitaria, Abril 2011



## **Efecto invernadero**

Mientras que la atmósfera es relativamente transparente a la radiación solar, pequeñas cantidades de gases que constituyen menos del 1 % de la atmósfera (conocidos como Gases de Efecto Invernadero GEI), absorben la radiación infrarroja emitida por la Tierra, actuando como un manto que impide el escape directo de esta radiación hacia el espacio, provocando entre otros efectos, un incremento del calentamiento de la superficie terrestre; a su vez, procesos climáticos de acción recíproca (como la radiación, las corrientes de aire, la evaporación, formación de nubes y tormentas) transportan finalmente dicha energía hacia altas esferas de la atmósfera y de ahí se libera al espacio.

Este es el denominado efecto invernadero, el cual ha operado en la atmósfera de la Tierra por millones de años, debido a la presencia de los GEI naturales; el vapor de agua, el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y el ozono ( $\text{O}_3$ ), si no existieran estos gases, la temperatura sería 30 °C más baja que en la actualidad, haciendo la vida imposible.

## **Gases de efecto invernadero**

El principal gas invernadero es el vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), responsable de dos terceras partes del efecto invernadero natural; en la atmósfera, las moléculas de agua atrapan el calor que irradia la Tierra y la irradian a su vez en todas las direcciones, calentando la superficie terrestre, antes de devolverlo de nuevo al espacio.

El vapor de agua en la atmósfera forma parte del ciclo hidrológico, un sistema cerrado de circulación de agua, del cual existe una cantidad limitada en la Tierra desde los océanos y la tierra a la atmósfera y vuelve a empezar a través de la evaporación y la transpiración, la condensación y la precipitación



El elemento que contribuye el efecto invernadero acentuado (artificial) es el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ); en general , es el responsable del 60 % del efecto invernadero intensificado; en los países industrializados, el  $\text{CO}_2$  representa más del 80 % de las emisiones de gases invernadero.

El segundo gas que más contribuye al efecto invernadero acentuado es el metano ( $\text{CH}_4$ ) , en los países industrializados, el metano representa normalmente el 15 % de las emisiones de los gases invernadero. El metano retiene el calor y es 23 veces más efectivo que le  $\text{CO}_2$ ; su ciclo de vida es, sin embargo más breve, entre 10 y 15 años.

El óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) se libera de forma natural de los océanos y de las selvas tropicales gracias a las bacterias del suelo; algunas de las fuentes influidas por el hombre son los abonos a base de nitrógeno, la quema de combustibles fósiles y a producción química industrial que utiliza nitrógeno como el tratamiento de residuos; en los países industrializados, el  $\text{N}_2\text{O}$  representa el 6% de las emisiones de gases invernadero.

Los gases fluorados son los únicos gases de efecto invernadero que no se producen de forma natural, sino que han sido desarrollados por el hombre con fines industriales; representan alrededor del 15 % de las emisiones e gases invernadero en los países industrializados, siendo extremadamente potentes (puede atrapar el calor hasta 22,000 veces más eficaz que el  $\text{CO}_2$ ) y pueden permanecer en la atmósfera por miles de años.

Los gases fluorados incluyen los hidrofluorocarbonos (HFC) que se utilizan en la refrigeración, como el aire acondicionado, sulfuro hexafluoruro ( $\text{SF}_6$ ), que se usa en la industria de la electrónica; los perfluorocarbonos (PFC), que se emiten durante la fabricación de aluminio y se emplean también en la industria de la electrónica;



posiblemente los gases más conocidos de este grupo sean los clorofluorocarbonos (CFC), que no solo son gases de efecto invernadero sino que además reducen la capa de ozono.

El mecanismo de desarrollo limpio (MDL) es un mecanismo del protocolo de Kyoto, basado en proyectos que tiene como objetivo reducir las emisiones de gases efecto invernadero en países de desarrollo.

El MDL se define en el artículo 12 del Protocolo de Kyoto: El propósito del mecanismo para un desarrollo limpio es ayudar a las partes no incluidas en el anexo I a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención, así como ayudar a las partes incluidas en el anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3.

Se ha diferenciado los proyectos MDL en tres grandes grupos:

- Proyectos regulares o de gran escala (Large Scale Projects)

Categorías de proyectos de gran escala:

- Industrias de energía (fuentes renovables y no renovables)
- Distribución de energía
- Demanda de energía
- Industrias de manufactura
- Industrias químicas
- Construcción
- Transporte
- Producción de mineral /minería
- Producción de metal



## Planteamiento y evaluación técnico-económico de un proyecto de Eficiencia energética en el sector servicios, en base a cogeneración

- Emisiones fugitivas de combustibles (sólidos, gaseosos y aceites)
  - Emisiones fugitivas de producción y consumo de hidrocarburos y hexafluoruro de azufre
  - Uso de solventes
  - Manejo y disposición de residuos
  - Forestación y reforestación
  - Agricultura
- 
- Proyectos de mediana escala (Small Scale Projects)

### Categorías de proyectos de pequeña escala

- Proyectos con energía renovables
- Proyectos de mejoras en la eficiencia energética
- Otros proyectos

Todo proyecto de reducción de emisiones GEI, que forme parte del Mecanismo de Desarrollo Limpio (proyecto MDL) debe cumplir con las siguientes condiciones.

- Reducir alguno de los siguientes gases GEI indicados:
  - Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
  - Metano (CH<sub>4</sub>)
  - Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)
  - Hidrofluorocarbonos (HFC)
  - Perfluorocarbonos (PFC)
  - Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)
  
- Participación voluntaria



- Reducir emisiones consideradas adicionales a las que se producirían en ausencia de la actividad del proyecto
- Demostrar tener beneficios reales, mensurables y de largo plazo en relación con la mitigación de los GEI
- Contribuir al desarrollo sostenible del país
- Ser desarrollado en un país que haya ratificado el protocolo de Kyoto y que posea una Autoridad Nacional Designada (AND) para el MDL.

De acuerdo a las Metodologías para la Cuantificación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y de consumos Energéticos Evitados por el Aprovechamiento Sustentable de la Energía de la SENER y CONUEE<sup>24</sup>, la cuantificación de emisiones evitadas por las acciones que se realicen para el aprovechamiento sustentable de la energía requiere la proyección de dos escenarios de consumo de energía:

- ❖ Escenario A – Línea base: no presupone la implementación de las medidas de aprovechamiento sustentable de la energía
- ❖ Escenario B – Escenario de abatimiento: presupone la implementación de medidas para el aprovechamiento sustentable de la energía.

El escenario A presupone una evaluación futura del consumo de energía en línea con las tendencias corrientes. Incorpora la evaluación esperada de los principales determinantes del consumo energético. Debe ser consciente con las proyecciones oficiales de consumo energético generadas dentro del sector.

Para el caso concreto de este proyecto tenemos:

---

<sup>24</sup> (SENER-CONUEE, diciembre de 2009)



**Tabla 38 Toneladas de GEI emitidos por el sistema convencional**

Línea base					
CONCEPTO	Calentamiento de agua (caldera)			CONCEPTO	Electricidad
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O		
C f (TJ)	2.7	2.7	2.7	C f (MWh)	428.02
FE g,f (TJ / Kg)	63,100	1	0.1	FE g,f (Ton CO <sub>2 eq</sub> / MWh)	0.4946
E c g,f (kg GEI)	170,370	2.7	0.27	Ton CO <sub>2 eq</sub>	211.698692
Ton Eq. Línea Base					382.06

En donde:

Ec g,f Emisiones por combustión

Cf Consumo energético "f" (TJ)

FE g,f Factor de emisión estándar de gas (kg / TJ)

El escenario B, define la evolución futura de consumo de energía incorporando los efectos de la implementación de las acciones de aprovechamiento consideradas. Incorpora la penetración inmediata o gradual de las iniciativas en la cuantificación de emisiones de GEI. Para nuestro caso estudio tenemos:

**Tabla 39 Toneladas de GEI emitidos por el sistema de micro cogeneración propuesto**

Propuesta					
CONCEPTO	Motor de Gas Cummins			CONCEPTO	Electricidad
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O		
C f (TJ)	2.8	2.8	2.8	C f (MWh)	234.85
FE g,f (TJ / Kg)	63,100	1	0.1	FE g,f (Ton CO <sub>2 eq</sub> / MWh)	0.4946
E c g,f (kg GEI)	176,680	2.8	0.28	Ton CO <sub>2 eq</sub>	116.15681
Ton Eq. Proyecto					292.84

En donde:



Ec g,f Emisiones por combustión

Cf Consumo energético "f" (TJ)

FE g,f Factor de emisión estándar de gas (kg / TJ)

Finalmente las emisiones evitadas por las acciones realizadas para el aprovechamiento sustentable de la energía se calculan como la diferencia de en emisiones bajo ambos escenarios:

$$\Delta E = EA - EB$$

Donde:

$\Delta E$  = emisiones de CO<sub>2e</sub> evitadas por las acciones de aprovechamiento realizadas (kg de CO<sub>2e</sub>)

EA = emisiones de CO<sub>2e</sub> del sector energético en la línea base (kg de CO<sub>2e</sub>)

EB = emisiones de CO<sub>2e</sub> del sector energético bajo el escenario de abatimiento (kg de CO<sub>2e</sub>)

Para nuestro Proyecto se obtiene:

Ton. CO <sub>2</sub> eq	89.22
-------------------------	-------

#### 4.7. Conclusión

En el capítulo anterior parecía difícil aun la decisión de elegir entre la opción de la turbina de gas y la opción del motor de gas, sin embargo al comparar económicamente las opciones se aclara el panorama en cuanto a las alternativas ya que el precio de una es mucho mayor con respecto a la otra.



## Planteamiento y evaluación técnico-económico de un proyecto de Eficiencia energética en el sector servicios, en base a cogeneración

Con esto queda claro que entre más parámetros se usen para evaluar opciones técnicas mejores resultados se tienen, algo interesante que se encontró dentro de este análisis es que al buscar opciones de tecnologías para realizar el proyecto se puede encontrar muy variadas opciones tanto en costo como con diferentes parámetros técnicos, así como de diferentes países y diferentes calidades.

En el proceso de búsqueda de información se pudo observar que las tecnologías relacionadas a la sustentabilidad energética están demasiado infladas en su precio, esto suponemos es porque es un tema que se encuentra en auge actualmente.

Además de los elevados precios de estas tecnologías nos encontramos con productos de similar calidad pero la diferencia entre precios era bastante significativa, solo por tratarse de diferente país de origen.

Agregado a esto y consultando con varias personas relacionadas a los sectores de aduanas y de importaciones encontramos detalles como por ejemplo la importación a un puerto en el estado de California, en estados unidos y su paso por la frontera con México es más económica que importar a un puerto del país, por tratados que existen entre los países.

En conclusión, se deben tomar en cuenta todos los detalles del proyecto, ya que descuidar alguno de ellos puede hacer que no se haga viable el financiamiento del mismo y que no sean rentables en el tiempo.



## **Conclusiones generales y Recomendaciones**

El proyecto que se plantea aquí ha contribuido de manera muy importante para identificar y resaltar los puntos que hay que cubrir y considerar para llevar a cabo una implementación exitosa de un esquema de cogeneración. Se han concluido muchas cosas importantes que reflexionar y muchas otras las ha reforzado como puntos angulares para llevar a cabo una buena implementación.

Dentro de los puntos que se consideraron como de más importancia dentro de un proyecto de esta naturaleza son el detectar cuáles son las necesidades reales de las instalaciones en donde se vaya a ocupar estos esquemas de cogeneración, esto se logró teniendo un panorama de los consumos eléctricos que tenía el hotel, gracias a un conocimiento claro de la facturación eléctrica y además conociendo los hábitos de consumo de agua caliente en el mismo ya que de esta manera el esquema se adecuó a las necesidades del hotel, y se obtuvieron de manera clara y lo más tangible posible los beneficios económicos y de cualquier otra índole que se piensan alcanzar con los esquemas planteados, de manera que se obtengan beneficios en el ahorro de energía sin reducir la calidad del servicio que ofrece este hotel.

En una parte del proyecto se mencionó la forma de operación del esquema en cuestiones como son: el horario de operación, la carga del motor, entre otras, el tener un plan de operación es fundamental para que se cumplan las expectativas de ahorros energéticos a través de estos sistemas. Ya que los ahorros no se lograrán si no se lleva a cabo la correcta operación del esquema.

Al principio de este documento se habló sobre cuáles son los objetivos que se desean lograr con el proyecto, y como sabemos que una parte importante de la vida cotidiana del sector hotelero es brindar un servicio de calidad integral al cliente, y ofrecer al cliente condiciones de confort. Los sistemas por sí solos no van a ser que



## Planteamiento y evaluación técnico-económico de un proyecto de Eficiencia energética en el sector servicios, en base a cogeneración

se mejore la calidad en el servicio al cliente, sin embargo, en este caso son una herramienta importante que permite tener servicios de agua caliente y electricidad a un costo más reducido, además de tener una mayor confiabilidad en el servicio, lo cual sin duda repercute positivamente al otorgar un mejor servicio.

Para finalizar se puede concluir que los proyectos enfocados al ahorro de energía tienen como propósito el desarrollo sustentable del ser humano ya que es importante hacer conciencia sobre los recursos que usamos día a día y la forma en los que los utilizamos, si cada día más personas eficiente el uso de los mismos se podrán tener reservas de recursos para que las aprovechen las próximas generaciones de seres humanos.



## Bibliografía y Referencias

Abud, J. J. (2012). *Camada de Diputados*. Recuperado el 12 de Agosto de 2012, de <http://sitl.diputados.gob.mx>

Asociación de Ecologistas en Defensa de la Naturaleza. (2012). *Eficat, Soluciones Energeticas*. Recuperado el 18 de Agosto de 2012, de <http://www.eficat.es/eficiencia-energetica>

Camara de Diputados. (12 de Enero de 2012). Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética. *Diario Oficial de la Federación* .

Comisión Federal de Electricidad. (2012). *Tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica (2011 - 2012)*. Recuperado el 18 de Agosto de 2012, de Tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica (2011 - 2012)

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2009). *Estudio sobre cogeneración en el sector industrial en México*. Estudio, México, D.F.

CONAE. (2000). Recuperado el 14 de Agosto de 2012, de <http://www.conae.gob.mx/>

CONAE. (2012). Recuperado el 2012 de Julio de 1, de <http://www.conae.gob.mx/>

García, D. R. (2011). *La dimensión económica del Desarrollo Sostenible*. Alicante, España: Editorial Club Universitario.

González-Longatt, F. M. (2008). *Introducción a los sistemas de potencia*. Recuperado el 20 de Agosto de 2012, de [http://www.fglongatt.org.ve/Archivos/Archivos/SP\\_I/PPT-IntroSP.pdf](http://www.fglongatt.org.ve/Archivos/Archivos/SP_I/PPT-IntroSP.pdf)  
José Sancho García, R. M. (2006). *Gestión de la Energía*. Valencia: Ed. Univ. Politéc. Valencia.

Pierce, M. (2000). *Resumen histórico de la cogeneración*. Recuperado el 1 de Julio de 2012, de CONAE: <http://www.conae.gob.mx/>

Romero, J. A. (2011). *Comparación del desempeño de las tecnologías de generación eléctrica, aplicadas en un hotel de Tequisquiapan, en base a residuos de la biomasa*. Ciudad Universitaria.

Secretaría de Energía. (Febrero de 2012). *Estrategia Nacional de Energía*. México, Distrito Federal.

SENER-CONUEE. (diciembre de 2009). *Metodologías para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumos energéticos evitados por el aprovechamiento sustentable de la energía*. México, D.F.: -.



## Nomenclatura

°C	Grados Centígrados
AND	Autoridad Nacional Designada
AT	Alta Tensión
bar	Unidad de presión
BT	Baja Tensión
Btu	Unidades de energía inglesa
CC	Costo de combustible
CCGI	Ciclos combinados con gasificación integrada
CCGN	Ciclos combinados de gas natural
CFC	clorofluorocarbonos
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CH <sub>4</sub>	metano
CHP	Combined Heat and Power/Cogeneración
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la
CONAE	Energía
	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la
CONUEE	Energía
CPP	Costo porcentual promedio
CRE	Comisión Reguladora de Energía
DAC	Doméstica de Alto Consumo
DAP	Derecho de Alumbrado Público
DB	Demanda base
DF	Demanda Facturable
DI	Demanda intermedia
DP	Demanda Máx. Medida en el Periodo de Punta
	Demanda Máxima Medida en el Periodo
DPI	Intermedio



E	Energía Eléctrica
EE.RR.	Energías Renovables
FC	Factor de Carga
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
FP	Factor de Potencia
FRB	Factor Base
FRI	Factor Intermedio
Gcal	Giga calorías
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GN	Gas Natural
H	Entalpía o contenido de calor
H <sub>2</sub> O	vapor de agua
HFC	hidrofluorocarbonos
HHV	Eficiencia del Combustible
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
ISR	Impuesto sobre la renta
IVA	Impuesto sobre el Valor Agregado
kg	kilogramo
kg/cm <sup>2</sup>	Unidades de Presión
Kg/s	Flujo másico
kJ	Unidad de medida de la energía
kJ/Kg	Unidades de entalpía
kVA	Unidades de Potencia
kWh	Unidades de consumo de energía: kilowatt-hora
kWhe	kilowatt eléctrico
kWht	kilowatt térmico
LED	Diodo Emisor de Luz
LHV	Eficiencia Eléctrica Neta
LP	Licuado de Petróleo
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio





## Planteamiento y evaluación técnico-económico de un proyecto de Eficiencia energética en el sector servicios, en base a cogeneración

MIPyMES	Micro, Pequeña y Mediana Empresa
MT	Media Tensión
MW	Megawatts
N	Norte
N <sub>2</sub> O	óxido nitroso
O	Oeste
O <sub>3</sub>	ozono
PCI	Poder Calorífico Inferior
PFC	perfluorocarbonos
Q	Calor
Q/E	Relación Calor-Electricidad
SE	Sistema Eléctrico
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SENER	Secretaría de Energía
SF <sub>6</sub>	sulfuro hexafluoruro
TIR	Tasa de interés de rendimiento
TREMA	Tasa de rendimiento mínimo aceptable
US\$	Dólares
V	Volts
VPN	Valor Presente Neto
$\eta_e$	Rendimiento Eléctrico

### Índice de tablas

Tabla 1 Potencial total nacional de cogeneración .....	40
Tabla 2 Eficiencias térmicas de las varias tecnologías.....	44
Tabla 3 Producción de CO <sub>2</sub> por cada kWh y por millón de Btu térmicos .....	45
Tabla 4 Reservas de combustibles.....	45
Tabla 5 Cargos/Bonificación por Factor de Potencia.....	49
Tabla 6 Valores de referencia Cogeneración Eficiente.....	55
Tabla 7 Eficiencias de referencia de acuerdo a la capacidad del Sistema (mayores a 30 MW).....	56



Tabla 8 Eficiencias de referencia de acuerdo a la capacidad del Sistema (menores o iguales a 30 MW).....	56
Tabla 9 Clima y ubicación geográfica.....	60
Tabla 10 Instalaciones y ocupación.....	62
Tabla 11 Condiciones de confort.....	63
Tabla 12 Consumo y características eléctricas actuales.....	64
Tabla 13 Consumos eléctricos desglosados.....	65
Tabla 14 Caracterización de la Demanda Eléctrica.....	66
Tabla 15 Resumen de uso del Gas LP en el hotel.....	69
Tabla 16 Consumo de gas en litros.....	70
Tabla 17 Consumo de calor en kWh.....	71
Tabla 18 Consumo térmico útil en kWh.....	71
Tabla 19 Costos eléctricos.....	72
Tabla 20 Costos del combustible.....	73
Tabla 21 Periodos Simples de recuperación establecidos para proyectos financiados por FIDE.....	78
Tabla 22 Potencia eléctrica.....	81
Tabla 23 Tensiones de salida.....	82
Tabla 24 Frecuencia del equipo.....	82
Tabla 25 Características térmicas.....	83
Tabla 26 Régimen térmico del equipo.....	85
Tabla 27 Eficiencia.....	86
Tabla 28 Parámetros de cogeneración con base en el esquema con microturbina Capstone.....	101
Tabla 29 Parámetros de cogeneración en base al esquema con el motor Cummins.....	102
Tabla 30 Parámetros de consumo de los esquemas de cogeneración.....	107
Tabla 31 Ahorros mensuales estimados con los dos sistemas.....	108
Tabla 32 Gastos mensuales por combustible extra estimados.....	108
Tabla 33 Costos generales de los equipos.....	110
Tabla 34 Datos para la pre viabilidad económica.....	113
Tabla 35 Flujo de caja.....	113
Tabla 36 Flujo acumulado Pesos.....	114
Tabla 37 Análisis de sensibilidad.....	115
Tabla 38 Toneladas de GEI emitidos por el sistema convencional.....	125
Tabla 39 Toneladas de GEI emitidos por el sistema de micro cogeneración propuesto.....	125

## Índice de figuras

Imagen 1: Producción de Energía primaria por fuentes 2010,.....	21
Imagen 2 Clasificación de Energías Renovables.....	23
Imagen 3 Energía Geotérmica.....	23



Planteamiento y evaluación técnico-económico de un proyecto de Eficiencia energética en el sector servicios, en base a cogeneración

Imagen 4 Energía Solar.....	25
Imagen 5 Energía Eólica .....	27
Imagen 6 Energía Biomasa .....	28
Imagen 7 Generación Energía Hidráulica.....	30
Imagen 8 Sistema Eléctrico de Potencia .....	33
Imagen 9 Estructura de un sistema eléctrico de potencia actual.....	34
Imagen 10: Estrategia de generación para satisfacer la demanda diaria .....	35
Imagen 11 Microturbina Capstone.....	43
Imagen 12 Regiones tarifarias.....	50
Imagen 13 Cogeneración Eficiente.....	54
Imagen 14 Ubicación del hotel en Tlaxcala .....	60
Imagen 15: Diagrama eléctrico de instalaciones actuales.....	63
Imagen 16 Curva de demanda eléctrica del hotel .....	68
Imagen 17 Distribución del Gas LP para sus diferentes usos .....	68
Imagen 18 Demanda diaria de calor en el hotel .....	69
Imagen 19 Mecanismo para otorgar un Financiamiento.....	77
Imagen 20 Módulo Capstone de cogeneración .....	87
Imagen 21 Módulo de cogeneración a base de Motor Cummins.....	87
Imagen 22 Diagrama térmico del esquema de cogeneración a base de turbina Capstone .....	89
Imagen 23 Diagrama e imagen representando la turbina.....	90
Imagen 24 Diagrama e imágenes representando el intercambiador de calor y la chimenea.....	91
Imagen 25 Diagramas de los intercambiadores de calor para el agua de servicios y agua de la alberca .....	93
Imagen 26 Esquema de cogeneración a base de motor de gas Cummins. ....	94
Imagen 27 Esquema del motor de combustión interna .....	96
Imagen 28 Diagrama de intercambiador de calor, bomba de agua y chimenea de salida de gases.....	97
Imagen 29 Diagrama de intercambiador de calor hacia la alberca y hacia los servicios de agua caliente. ....	98
Imagen 30 Periodo de Recuperación de la inversión con TREMA del 12% .....	116
Imagen 31 Simulación de financiamiento a través del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica .....	118

Planteamiento y evaluación técnico-económico de un proyecto de Eficiencia energética en el sector servicios, en base a cogeneración



## **Anexo 1 Cotización de las opciones**

## **Anexo 2 Hojas de características de las opciones**

## **Anexo 3 Otras opciones analizadas**

# ANEXO 1

Products  [Advanced Search](#)

Search

or

[Post Buying Requests](#)

About 545 results: [Gas Turbine Generators \(323\)](#) , [Diesel Generators \(10\)](#) , [Alternative Energy Generators \(45\)](#) , [Other Generators \(26\)](#)

[Home](#) > [Products](#) > [Electrical Equipment & Supplies](#) > [Generators](#) > [Gas Turbine Generators \(10174\)](#)

[Language Options](#)



[See larger image](#)

### Gas CHP Generator

[Add to Inquiry Cart](#) [Add to My Favorites](#) [Share to:](#)

FOB Price: US \$8,000 - 100,000 / Set | [Get Latest Price](#)  
Port: Shanghai  
Minimum Order Quantity: 1 Set/Sets  
Supply Ability: 30 Set/Sets per Month  
Payment Terms: T/T

**Verified Supplier** - Miracle Power Systems Inc.  
[ Sichuan, China (Mainland) ]

Main Products: Natural Gas Generators & CHPs/CO-GENS, Biogas Generators & CHPs/CO-GENS, Diesel-

Online Showroom: [168 Products](#)



No substantiated complaints in last 90 days

Ms. Crystal Diao

[Contact Supplier](#)

[Place Order via](#)

[Contact Details](#)

**Product Details**

**Company Profile**

[Report Suspicious Activity](#)

#### Quick Details

Place of Origin: Sichuan China (Mainland)	Brand Name: MiracleGen	Output Type: AC Three Phase
Speed: 1500RPM/1800RPM	Frequency: 50/60Hz	Rated Power: 10kw-800kw
Rated Voltage: 400v/230v	Gas Generator: CHPs	

#### Packaging & Delivery

Packaging Detail: bare back packing, plywood packing or steel frame packing  
Delivery Detail: 30-45 days

#### Specifications

- 1) GAS CHP Generator,
- 2) 10-800kW natural gas generator. Low running cost and fast returns on investment
- 3) ISO9001:2008, CE

**MiracleGen<sup>®</sup>**  
Gas Generators & CHPs



miraclepower.en.alibaba.com

**MiracleGen<sup>®</sup>**  
Gas Generators & CHPs



[miraclepower.en.alibaba.com](http://miraclepower.en.alibaba.com)

**MiracleGen<sup>®</sup>**  
Gas Generators & CHPs



[miraclepower.en.alibaba.com](http://miraclepower.en.alibaba.com)



**MiracleGen<sup>®</sup>**  
Gas Generators & CHPs



[miraclepower.en.alibaba.com](http://miraclepower.en.alibaba.com)

**MiracleGen<sup>®</sup>**  
Gas Generators & CHPs

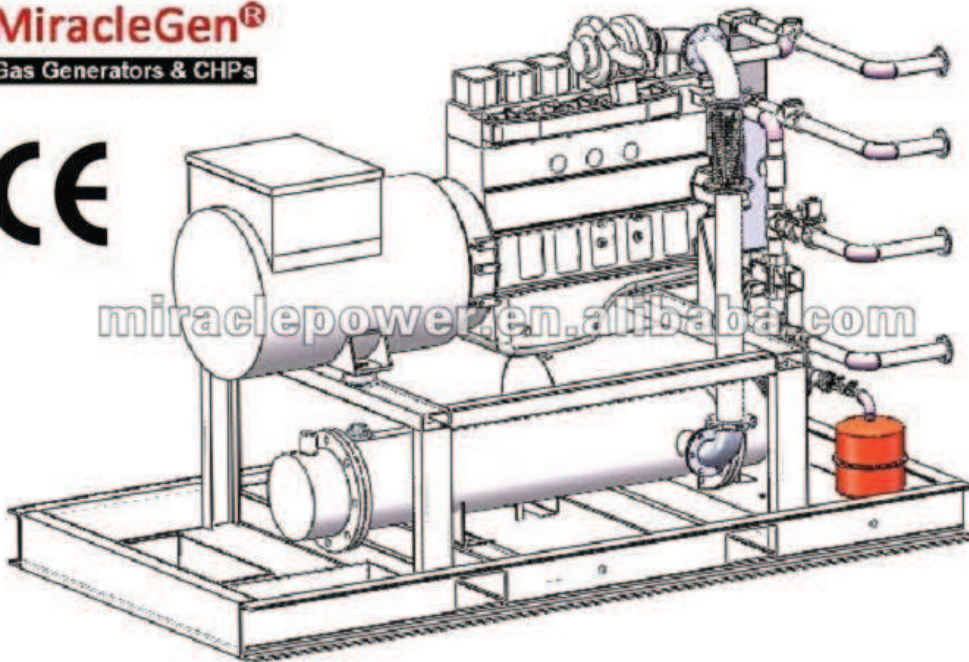


[miraclepower.en.alibaba.com](http://miraclepower.en.alibaba.com)

**MiracleGen<sup>®</sup>**  
Gas Generators & CHPs



miraclepower.en.alibaba.com



GAS CHP GENERATOR, Cummins Natural Gas Generator Sets (50-1000kVA)								
0.8PF, 50HZ, 1500RPM, 3P4W, 400V/230V								
(other voltage grades or single-phase alternators are available upon on customers' requirement)								
Genset Model	Power(kVA/kW)		Full Load (m <sup>3</sup> /h)	Engine Model	Disp.(L)	Alternator Model (Marathon)	Dimension L×W×H(mm)	Weight (kg)
	Standby	Prime						
MC55N	55/44	50/40	13	M-4BTA3.9	3.9 (4)	MP-40-4	1950*1000*1450	850
MC63N	63/50	56/45	15	M-4BTA3.9	3.9 (4)	MP-48-4	1950*1000*1450	850
MC83N	83/66	75/60	19	M-6BTA5.9	5.9 (6)	MP-64-4	2280*1050*1500	1000
MC104N	104/83	94/75	24	M-6BTA5.9	5.9 (6)	MP-75-4	2280*1050*1500	1000
MC118N	118/94	106/85	27	M-6BTA5.9	5.9 (6)	MP-90-4	2280*1050*1500	1000
MC131N	131/105	119/95	29	M-6CTA8.3	8.3 (6)	MP-104-4	2250*1050*1560	1350
MC144N	144/115	130/104	32	M-6CTA8.3	8.3 (6)	MP-104-4	2250*1050*1560	1350
MC165N	165/132	150/120	38	M-6LTA8.9	8.9 (6)	MP-1	Suggestions 10*1700	1500
MC250N	250/200	228/182	57	M-NTAA855	14 (6)	MP-200-4	2900*1200*1850	2200
MC413N	413/330	375/300	88	M-KTAA19	18.9 (6)	MP-300-4	3440*1300*1920	4630
MC688N	688/550	625/500	145	M-KTAA38	37.8 (12)	MP-500-4/AS	4800*2060*2380	7500
MC963N	963/770	875/700	200	M-KTAA50	50.3(16)	MX-700-4	5000*2200*2400	9800

## Natural Gas Generators & CHPs/CO-GENS

1. The power ratings: 10kWe to 1,200kWe.
2. CCHPs (Combined Cooling, Heating and Power) /Tri-generation: available on request.
3. The hertz and voltages: 50hz, 400/230vac or 60hz, 220/110vac, other voltages available on request.
4. The fuels: (1) pipeline natural gas with pressure 1-5kpa (2) CNG (3) LNG.
5. The gas engines: Powered by Cummins, Deutz, GM, Toyota, Isuzu and Suzuki gas engines.
6. The alternators: Leroy Somer, Stamford, Marathon and Chinese ones. Brushless, self-excited.
7. The control cabinets: with controllers from ComAp, DeepSea/DSE and Smartgen. ATS, parallel cabinet and grid parallel cabinet available.
8. The governors: electronic, from Woodward & Hainnzmann.
9. The mixers: venturi or variable mixers from IMPCO.
10. The ignition system: hi-energy ignition system from Woodard, Altronic & Motortech. Lean-burn with closed loop lambda control system available for continuous running gas gensets/CHPs.
11. Gas train: ball valve, gas filter, DUNGS solenoid valve & pressure switches.
12. Heat recovery system: to recovery heat from jacket water and/or from exhaust pipe, with total heat efficiency up to 85%.
13. Silent canopy: with noise < 72dB(A) @ 7 m. Container type available.
14. Standards and Certifications: ISO 9001, ISO 8528, ISO 3046, CE, UL, CSA, EPA.
15. Factory test: all gensets are tested with min. 2 hours before delivery.


16. Packing: Standard export packing, no fumigation certificate needed.

17. Quality warranty: 1,500 hours or 18 months for standby gas gensets/CHPs, whichever comes first. 8,000 hours for continuous running gas gensets/CHPs with Europe an configuration.



Send your message to this supplier

From:  Enter email or Member ID.

To:  Ms. Crystal Diao  
[Offline](#)

Message:

Your message must be between 20-8000 characters

Enter your inquiry details such as:

- Self introduction
- Required specifications
- Inquire about price/MOQ

[View sample](#)

Other products from this supplier



Silent Natural Gas generator  
15-30kW  
FOB Price:  
**US \$2000 - 10000 / Set**  
Port: Shanghai









Natural Gas Generator 60-80kW  
FOB Price:  
**US \$6000 - 100000 / Set**  
Port: Shanghai, China



Natural Gas Generator 8-13kW  
FOB Price:  
**US \$1000 - 10000 / Set**  
Port: Shanghai



<p>Min.Order: 1 Set/Sets</p>  <p><b>MiracleGen Natural Gas Generator 10-35kW</b>        FOB Price:  <b>US \$2000 - 10000 / Set</b>        Port: Shanghai        Min.Order: 2 Set/Sets</p>	<p>Min.Order: 1 Set/Sets</p>  <p><b>MiracleGen Natural Gas CHP Generator</b>        FOB Price:  <b>US \$8000 - 100000 / Set</b>        Port: Shanghai        Min.Order: 1 Set/Sets</p>	<p>Min.Order: 2 Set/Sets</p>  <p><b>60kw Natural Gas Generator</b>        Port: Shanghai        Min.Order: 1 Set/Sets</p>
 <p><b>MiracleGen Natural Gas Generator 40-50kW with CE</b>        FOB Price:  <b>US \$1000 - 100000 / Set</b>        Port: shanghai        Min.Order: 1 Set/Sets</p>	 <p><b>Silent Natural Gas Generator 40-50kW</b>        Port: Shanghai        Min.Order: 1 Set/Sets</p>	 <p><b>Natural Gas Generator 10-1000kW</b>        FOB Price:  <b>US \$1000 - 1000000 / Set</b>        Port: shanghai        Min.Order: 1 Set/Sets</p>

[View more](#)

**Related Searches:**

[switching transformer](#)  
[gasolene generators](#)  
[power relay](#)

[electric wires](#)  
[wireline accessories](#)  
[disconnecter](#)

[dynamos parts & accessories](#)  
[diesel alternators](#)  
[power elements](#)

**You may also be interested in :**

[install natural gas generator](#)  
[hydro power projects](#)  
[turbine rolls royce](#)

[diesel and gas turbine](#)  
[natural gas electric generators](#)  
[gas power generator sets](#)

[natural gas generator](#)  
[gas power station](#)  
[electric gas generator](#)

[View more](#)

Follow us:

Free APP:

Input keywords

Subscribe

TradeManager:

Industry channel: Machinery - Construction - Electronic - Automobiles - Furniture - Sports - Electrical - Home - Packaging - Beauty

Browse by: Manufacturers - Online Shopping - China Gold Suppliers - All Products - Countries - Importers - Buying Leads - China - India

Alibaba Group: Alibaba China - Alibaba International - AliExpress | Taobao Marketplace | Tmall.com | eTao | Juhuasuan | Alibaba Cloud Computing | China Yahoo! | Alipay

Product Listing Policy - Intellectual Property Policy and Infringement Claims - Privacy Policy - Terms of Use

Copyright Notice © 1999-2012 Alibaba.com Hong Kong Limited and licensors. All rights reserved.



INDUSTRIAS ENERGÉTICAS SA DE CV  
 Av. Eugenio Echeverría Castellot #81  
 Col. Playa Norte  
 24115 Ciudad del Carmen, Campeche  
 Tel: (938) 1121169 Fax: (938) 1121170

SOCIO DE:

## COTIZACION



CAPSTONE TURBINE CORPORATION  
 21211 Nordhoff Street  
 Chatsworth, CA 91311  
 Tel: (818) 734-5300 Fax: (818) 734-5320

**Sistema de Generacion de Energia para operar con Gas Natural/LP de Alta Presion,  
 con capacidad de Generar hasta 65 kW a condiciones ISO**

Atencion:
FIDE
Fernando Eliel Reyes Lopez
Coordinacion del Sello FIDE
Mexico, D. F.
<a href="mailto:eliel.reyes@cfe.gob.mx">eliel.reyes@cfe.gob.mx</a>

Information	
Document Number	
Document Date	21/09/2012
Customer N°	
Validity Start Date	21/09/2012
Validity End Date	20/12/2012

Incoterms	LAB - Su Planta	Net Weight	1.2 Tn
Payment Term	50% de anticipo / 50% Notificacion de entrega del sistema OK	Delivery Time	14-16 Semanas P.P.O
ProJect		Currency	USD

Item	Material/Description	Quantity	Unit	Unit Price	Amount
1	Microturbina Capstone Modelo C65, 65 KW a Condiciones ISO con intercambiador de calor integrado para Cogeneracion, Descripción: C65, ICHP, HPNG, GC, INDPKG, UL Catálogo Número: 65C-HG4-DU00	1.00	Pieza	\$137,448.00	\$137,448.00
2	Supervisión y Asistencia Técnica Certificada durante la Instalación e Interconexión en sitio de la Microturbina Modelo C65 (Tiempo sugerido por lotes de 5 días c/u)	1.00	Lot	\$7,900.00	\$7,900.00
Subtotal (USD)					\$145,348.00
16% IVA (USD)					\$23,255.68
<b>Total USD</b>					<b>\$168,603.68</b>

Elaboró:  
 LAE Juan Carlos Hernandez Najera  
 Representante "ASU" Capstone Mexico



INDUSTRIAS ENERGÉTICAS SA DE CV  
Av. Eugenio Echeverría Castellot #81  
Col. Playa Norte  
24115 Ciudad del Carmen, Campeche  
Tel: (938) 1121169 Fax: (938) 1121170

SOCIO DE:

## COTIZACION



CAPSTONE TURBINE CORPORATION  
21211 Nordhoff Street  
Chatsworth, CA 91311  
Tel: (818) 734-5300 Fax: (818) 734-5320

### **Alcance de lo que Incluye el Suministro del Equipo (Partida 1):**

- Importación, Transporte, Seguros y Flete a destino final de instalación.
- Dossier de calidad, de pruebas F.A.T y Garantías por fabricante.
- Las Pruebas O.S.A.T se realizan en sitio en condiciones reales de Operación.
- Arranque y puesta en marcha de la Microturbina una vez que se ha cumplido con todos los requerimientos de fábrica y se cuenta con los servicios necesarios para la operación de acuerdo a la Supervisión Certificada.

### **Alcance de lo que Incluye el Servicio (Partida 2) :**

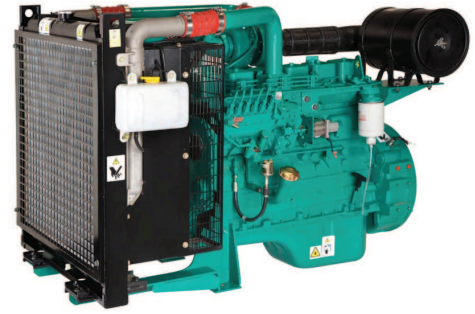
- Interpretación de Diagramas, fundamentos de instalación (no diseño), diagramas eléctricos, dimensiones, etc...
- Supervisión física de Montaje, Instalación e Interconexión de acuerdo a Fabricante.
- Mano de Obra Certificada por Capstone Turbine Corporation.
- Herramientas generales, Software especializado, Equipo de Interfase y de comunicación con la MicroTurbina.

### **No Incluye:**

- Maniobras de montaje de equipo.
- Trabajos de Instalación, interconexión eléctrica y de control, Obra civil, Adecuación del sitio ni cualquier otra actividad no mencionada en esta cotización.

# ANEXO 2

# 6BTAA5.9-G3



> Specification sheet

Our energy working for you.™



## Description

The B5.9 engine has established an unrivalled reputation for reliability, incorporating features designed to maximise engine integration within OEM installation. The 6BTAA5.9-G3 CoolPac is assembled in our new facility at Pirangut, India and utilises the latest Cummins manufacturing processes and Quality Standards.



This engine has been built to comply with CE certification.



This engine has been designed in facilities certified to ISO9001 and manufactured in facilities certified to ISO9001 or ISO 9002 or TS16949.

## Features

**Single Poly Vee belt drive** for fan, alternator and water pump, with self-tensioning idler for minimum maintenance.

**Inline-type Bosch VE-Series pump** operates at high injection pressures for cleaner combustion and lower emissions.

**Spin-on fuel filter** and full-flow lubricating oil filter.

**Top mounted Holset HX35 turbocharger** for increased power, fuel economy, and lower smoke and noise levels.

**Coolpac Integrated Design** - Products are supplied complete with cooling package and air cleaner kit for a complete power package. Each component has been specifically developed and rigorously tested for G-Drive products, ensuring high performance, durability and reliability.

**Service and Support** - G-Drive products are backed by an uncompromising level of technical support and after sales service, delivered through a world class service network.

## 1500 rpm (50 Hz Ratings)

Gross Engine Output			Net Engine Output			Typical Generator Set Output					
Standby	Prime	Base	Standby	Prime	Base	Standby (ESP)		Prime (PRP)		Base (COP)	
kWm/BHP			kWm/BHP			kWe	kVA	kWe	kVA	kWe	kVA
127/170	116/155	87/116	117/157	107/143	78/105	110	138	100	125	70	88

Our energy working for you.™

[www.cumminsgdrive.com](http://www.cumminsgdrive.com)

©2010 | Cummins G-Drive Engines | Specifications Subject to Change Without Notice | Cummins is a registered trademarks of Cummins Inc. (05/09) (GDSS180)





## General Engine Data

Type	4 cycle, in-line, Turbo Charged
Bore mm	102 mm (4.02 in.)
Stroke mm	120 mm (4.72 in.)
Displacement Litre	5.9 litre (360.0 in. <sup>3</sup> )
Cylinder Block	Cast iron, 6 cylinder
Battery Charging Alternator	55 amps
Starting Voltage	12 volt, 55 Amp negative ground
Fuel System	Direct injection
Fuel Filter	Spin-on fuel filters with water separator
Lube Oil Filter Type(s)	Spin-on full flow filter
Lube Oil Capacity (l)	16.4
Flywheel Dimensions	3/11.5

## Coolpac Performance Data

Cooling System Design	Jacket Water and Charge Air After Cooled
Coolant Ratio	50% ethylene glycol; 50% water
Coolant Capacity (l)	26
Limiting Ambient Temp.**	50DegC
Fan Power(hp)	8
Cooling System Air Flow (m <sup>3</sup> /s)**	3.40
Air Cleaner Type (Medium Duty)	Dry replaceable element with restriction indicator

\*\* @ 13 mm H<sub>2</sub>O at 100% Prime

## Ratings Definitions

### Emergency Standby Power (ESP):

Applicable for supplying power to varying electrical load for the duration of power interruption of a reliable utility source. Emergency Standby Power (ESP) is in accordance with ISO 3046, AS 2789, DIN 6271 and BS 5514.

### Limited-Time Running Power (LTP):

Applicable for supplying power to a constant electrical load for limited hours. Limited-Time Running Power (LTP) is in accordance with ISO 8528.

### Prime Power (PRP):

Applicable for supplying power to varying electrical load for unlimited hours. Prime Power (PRP) is in accordance with ISO 8528. Ten percent overload capability is available in accordance with ISO 3046, AS 2789, DIN 6271 and BS 5514.

### Base Load (Continuous) Power (COP):

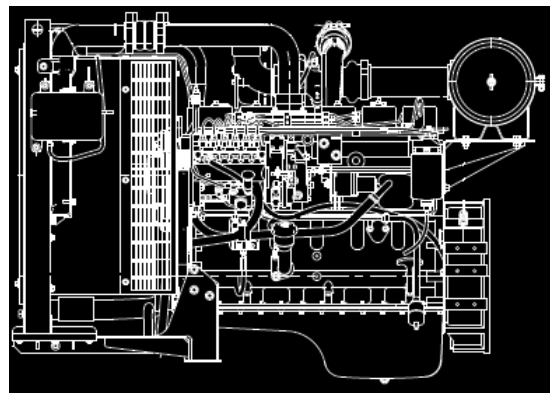
Applicable for supplying power continuously to a constant electrical load for unlimited hours. Continuous Power (COP) in accordance with ISO 8528, ISO 3046, AS 2789, DIN6271 and BS 5514.

## Shipping Weight & Dimensions

	Length	Width	Height	Weight (dry)
	mm	mm	mm	kg
CoolPac	1862	1162	1551	525

## Fuel Consumption 1500 (50 Hz)

%	kWm	BHP	L/ph	US gal/ph
<b>Standby Power</b>				
100	127	170	33	8.6
<b>Prime Power</b>				
100	116	155	29	7.7
75	87	116	21	5.6
50	58	78	14	3.7
25	29	39	8	2
<b>Continuous Power</b>				
100	87	116	21	5.6



### Cummins G Drive Engines

#### Asia Pacific

10 Toh Guan Road  
#07-01  
TT International Tradepark  
Singapore 608838  
Phone 65 6417 2388  
Fax 65 6417 2399

#### Europe, CIS, Middle East and Africa

Manston Park Columbus Ave  
Manston Ramsgate  
Kent CT12 5BF, UK  
Phone 44 1843 255000  
Fax 44 1843 255902

#### Latin America

Rua Jati, 310, Cumbica  
Guarulhos, SP 07180-900  
Brazil  
Phone 55 11 2186 4552  
Fax 55 11 2186 4729

Our energy working for you.™

[www.cumminsdrive.com](http://www.cumminsdrive.com)

©2010 | Cummins G-Drive Engines | Specifications Subject to Change Without Notice | Cummins is a registered trademarks of Cummins Inc. (05/09) (GDSS180)



## C65 & C65-ICHP MicroTurbine Natural Gas



Achieve ultra-low emissions and reliable electrical/thermal generation from natural gas.

- Ultra-low emissions
- One moving part: Minimal maintenance and downtime
- Patented air bearing: No lubricating oil or coolant
- 5 and 9 year Factory Protection Plans available
- Remote monitoring and diagnostic capabilities
- Integrated utility synchronization and protection<sup>(1)</sup>
- Small, modular design allows for easy, low-cost installation
- Reliable: Tens of millions of run hours and counting



C65 MicroTurbine

### Electrical Performance<sup>(2)</sup>

Electrical Power Output	65kW
Voltage	400–480 VAC
Electrical Service	3-Phase, 4 wire
Frequency	50/60 Hz, grid connect operation 10–60 Hz, stand alone operation
Maximum Output Current	100A, grid connect operation 127A, stand alone operation <sup>(3)</sup>
Electrical Efficiency LHV	29%



C65-ICHP MicroTurbine

### Fuel/Engine Characteristics<sup>(2)</sup>

Natural Gas HHV	30.7–47.5 MJ/m <sup>3</sup> (825–1,275 BTU/scf)
Inlet Pressure <sup>(4)</sup>	517–552 kPa gauge (75–80 psig)
Fuel Flow HHV	888 MJ/hr (842,000 BTU/hr)
Net Heat Rate LHV	12.4 MJ/kWh (11,800 BTU/kWh)

### Exhaust Characteristics<sup>(2)</sup>

	C65
NOx Emissions at 15% O <sub>2</sub> <sup>(5)</sup>	< 9 ppmvd (18 mg/m <sup>3</sup> )
NOx / Electrical Output <sup>(5)</sup>	0.16 g/bhp-hr (0.46 lb/MWhe)
Exhaust Gas Flow	0.49 kg/s (1.08 lbm/s)
Exhaust Gas Temperature	309°C (588°F)

*Reliable power when and where you need it. Clean and simple.*

## C65-ICHP Heat Recovery<sup>(6)</sup>

Integrated Heat Recovery Module Type	Copper Core	Stainless Steel Core
Hot Water Heat Recovery	120 kW (408,000 BTU/hr)	74 kW (251,000 BTU/hr)
Total System Efficiency LHV	82%	62%

## Dimensions & Weight<sup>(7)</sup>

	C65	C65-ICHP
Width x Depth <sup>(8)</sup> x Height <sup>(9)</sup>	0.76 x 1.9 x 1.9 m (30 x 77 x 76 in)	0.76 x 2.2 x 2.4 m (30 x 87 x 93 in)
Weight - Grid Connect Model	758 kg (1,671 lb)	1000 kg (2,200 lb)
Weight - Dual Mode Model	1121 kg (2,471 lb)	1364 kg (3,000 lb)

## Minimum Clearance Requirements<sup>(10)</sup>

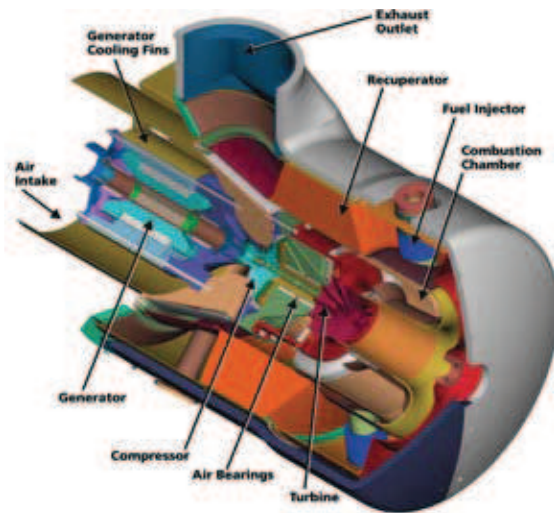
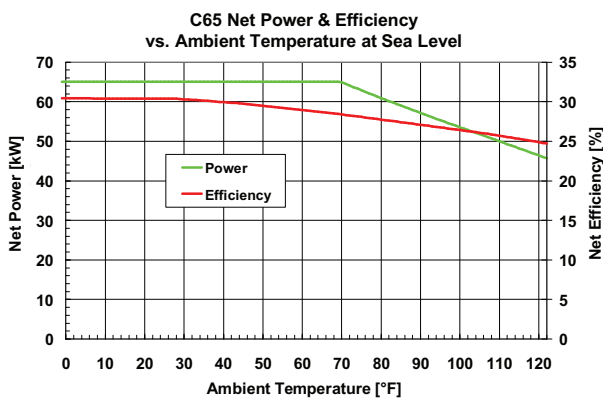
	C65	C65-ICHP
Vertical Clearance	0.61 m (24 in)	0.61 m (24 in)
Horizontal Clearance		
Left & Right	0.76 m (30 in)	0.76 m (30 in)
Front <sup>(11)</sup>	1.7 m (65 in)	1.7 m (65 in)
Rear	0.91 m (36 in)	0.76 m (30 in)

## Sound Levels

	C65	C65-ICHP
Acoustic Emissions at Full Load Power <sup>(12)</sup>		
Nominal at 10 m (33 ft)	70 dBA	65 dBA

## Certifications

- Certified to UL 2200 and UL 1741 for natural gas operation (UL files AU2687, E209370)
- Complies with IEEE 1547 and meets statewide utility interconnection requirements for California Rule 21 and the New York State Public Service Commission
- Materials Equipment Acceptance (MEA) approval for New York City
- Models available with optional equipment for CE Marking



- (1) Some utilities may require additional equipment for grid interconnectivity
  - (2) Nominal full power performance at ISO conditions: 59°F, 14.696 psia, 60% RH
  - (3) With linear load
  - (4) Inlet pressure for standard natural gas at 39.4 MJ/Nm<sup>3</sup> (1,000 BTU/scf) (HHV)
  - (5) Exhaust emissions for standard natural gas at 39.4 MJ/Nm<sup>3</sup> (1,000 BTU/scf) (HHV)
  - (6) Heat recovery for water inlet temperature of 38°C (100°F) and flow rate of 2.5 l/s (40 GPM)
  - (7) Approximate dimensions and weights
  - (8) Depth includes 10 inch extension for the heat recovery module rain hood on ICHP versions
  - (9) Height dimensions are to the roof line. Exhaust outlet extends at least 7 inches above the roof line
  - (10) Clearance requirements may increase due to local code considerations
  - (11) Dual Mode MicroTurbine configuration for Battery Removal clearance
  - (12) The optional acoustic inlet hood kit can reduce acoustic emissions at the front of the MicroTurbine by up to 5 dBA
- Specifications are not warranted and are subject to change without notice.*

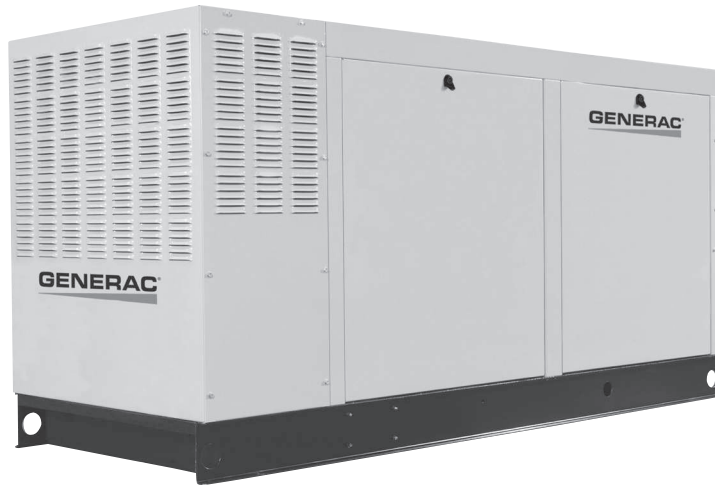


# ANEXO 3

# QT070

## Liquid Cooled Gas Engine Generator Sets

Standby Power Rating  
70 kW 60 Hz



### **GENERAC 6.8L ENGINE**

Naturally Aspirated  
Gaseous Fueled  
Meets EPA Emission Regulations

## STANDARD EQUIPMENT

- All input connections in one single area
- High coolant temperature shutdown
- Low oil pressure shutdown
- Low coolant level automatic shutdown
- Low fuel pressure
- Overspeed automatic shutdown
- Adjustable cranking timer
- Adjustable exercise timer
- Oil drain extension
- Cool flow radiator
- Closed coolant recovery system
- UV/Ozone resistant hoses
- Watertight state of the art electrical connectors
- Mainline circuit breaker
- Oil drain extension to frame rail
- Radiator drain extension
- Battery charge alternator
- 2 Amp static battery charger
- Battery and battery cables
- Battery rack
- Fan and belt guards
- Isochronous governor

## FEATURES

- Innovative design and fully prototype tested
- UL2200 Listed
- Solid state frequency compensated digital voltage regulator
- Dynamic and static battery charger
- Sound attenuated acoustically designed enclosure
- Quiet test for low noise level exercise
- Acoustically designed engine cooling system
- High flow low noise factory engineered exhaust system
- State of the art digital control system with H-100 microprocessor control panel
- Built-in kW, kVAR and power factor meters
- Watertight electrical connectors
- Rodent proof construction
- High efficiency, low distortion Generac designed alternator
- Vibration isolated from mounting base
- Matching Generac transfer switches engineered and tested to work as a system
- All components easily accessible for maintenance
- Electrostatically applied powder paint

# GENERAC®

# APPLICATION & ENGINEERING DATA

QT070

## GENERATOR SPECIFICATIONS

TYPE .....	Synchronous
ROTOR INSULATION.....	Class H
STATOR INSULATION.....	Class H
TOTAL HARMONIC DISTORTION.....	<3.5%
TELEPHONE INTERFERENCE FACTOR (TIF) .....	<.50
ALTERNATOR OUTPUT LEADS 3 PHASE .....	4 wire
BEARINGS .....	Sealed Ball
COUPLING.....	Flexible Disc
LOAD CAPACITY (STANDBY RATING).....	70 kW
EXCITATION SYSTEM.....	Brushless

**NOTE:** Generator rating and performance in accordance with ISO8528-5, BS5514, SAE J1349, ISO3046, and DIN6271 standards.

## VOLTAGE REGULATOR

TYPE .....	Full Digital
SENSING .....	3 Phase
REGULATION.....	± 1/4%
FEATURES.....	Built into H-100 Control Panel V/F Adjustable Adjustable Voltage and Gain

## GENERATOR FEATURES

- Revolving field heavy duty generator
- Directly connected to the engine
- Operating temperature rise 120 °C above a 40 °C ambient
- Insulation is Class H rated at 150 °C rise
- All prototype models have passed three phase short circuit testing

## CONTROL PANEL FEATURES

- TWO FOUR LINE LCD DISPLAYS READ:
  - Voltage (all phases)
  - Power factor
  - kVAR
  - Engine speed
  - Run hours
  - Fault history
  - Coolant temperature
  - Low oil pressure shutdown
  - Overvoltage
  - Low coolant level
  - Not in auto position (flashing light)
  - ATS selection
  - Current (all phases)
  - kW
  - Transfer switch status
  - Low fuel pressure
  - Service reminders
  - Oil pressure
  - Time and date
  - High coolant temperature shutdown
  - Overspeed
  - Low coolant level
  - Exercise speed
- INTERNAL FUNCTIONS:
  - I<sup>2</sup>T function for alternator protection from line to neutral and line to line short circuits
  - Emergency stop
  - Programmable auto crank function
  - 2 wire start for any transfer switch
  - Communicates with the Generac HTS transfer switch
  - Built-in 7 day exerciser
  - Adjustable engine speed at exerciser
  - RS232 port for GenLink® control
  - RS485 port remote communication
  - Canbus addressable
  - Governor controller and voltage regulator are built into the master control board
  - Temperature range -40 °C to 70 °C

## ENGINE SPECIFICATIONS

MAKE .....	Generac
MODEL.....	V Type
CYLINDERS .....	10
DISPLACEMENT.....	6.8 Liter
BORE .....	3.55
STROKE.....	4.17
COMPRESSION RATIO.....	9:1
INTAKE AIR SYSTEM.....	Naturally Aspirated
VALVE SEATS .....	Hardened
LIFTER TYPE.....	Hydraulic

## GOVERNOR SPECIFICATIONS

TYPE .....	Electronic
FREQUENCY REGULATION.....	Isochronous
STEADY STATE REGULATION.....	± 0.25%
All functions are factory preset	
Individual parameter adjustments can be made via GenLink®	

## ENGINE LUBRICATION SYSTEM

OIL PUMP .....	Gear
OIL FILTER.....	Full flow spin-on cartridge
CRANKCASE CAPACITY.....	5 Quarts

## ENGINE COOLING SYSTEM

TYPE .....	Closed
WATER PUMP.....	Belt driven
FAN SPEED .....	2030
FAN DIAMETER.....	22 inches
FAN MODE.....	Pusher

## FUEL SYSTEM

FUEL TYPE.....	Natural gas, propane vapor
CARBURETOR.....	Down Draft
SECONDARY FUEL REGULATOR.....	Standard
FUEL SHUT OFF SOLENOID .....	Standard
OPERATING FUEL PRESSURE.....	11" - 14" H <sub>2</sub> O

## ELECTRICAL SYSTEM

BATTERY CHARGE ALTERNATOR.....	12V 30 Amp
STATIC BATTERY CHARGER .....	12V 2 Amp
RECOMMENDED BATTERY .....	Group 24F, 525CCA
SYSTEM VOLTAGE.....	12 Volts



QT070

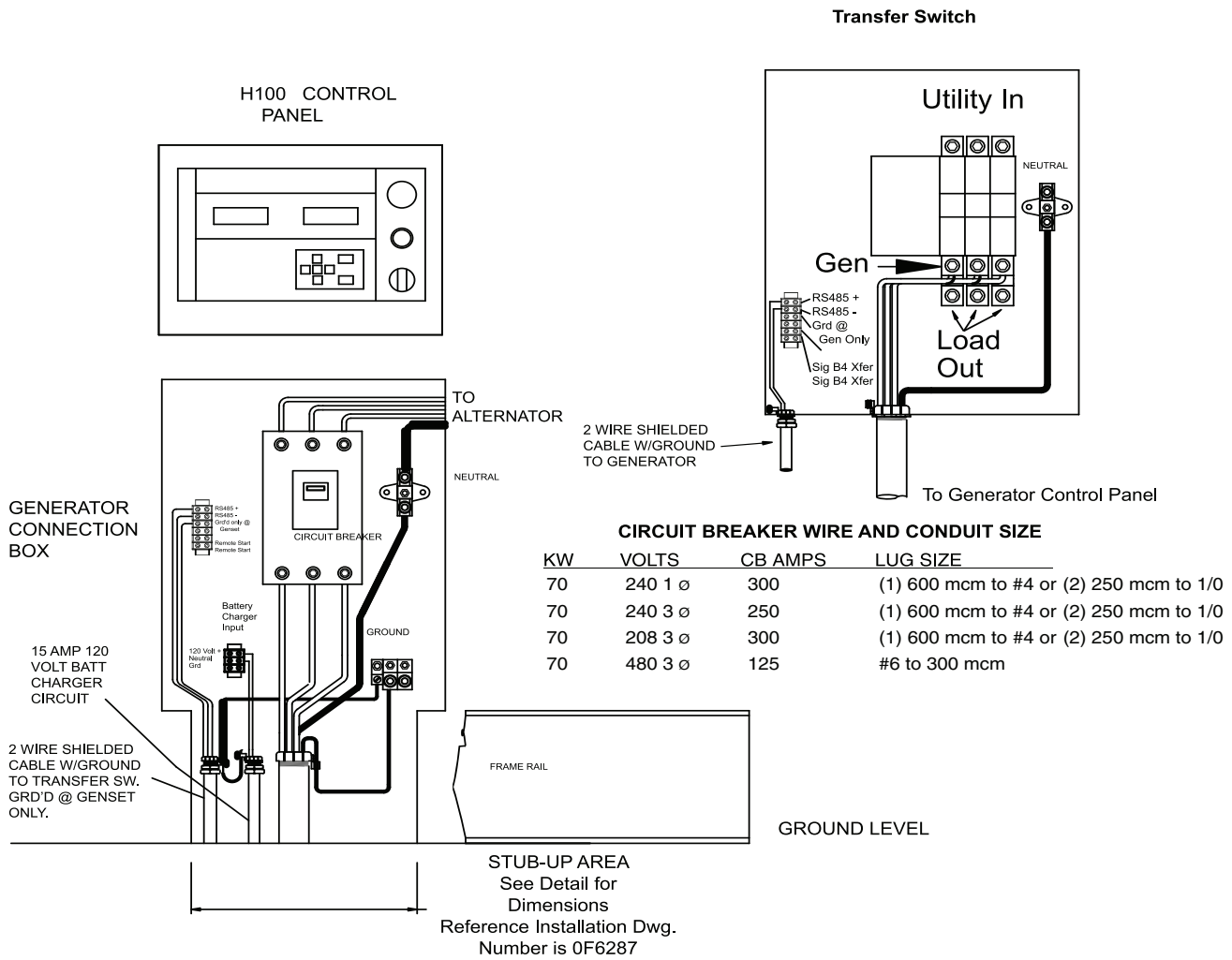
## OPERATING DATA

		QT070		
<b>KW RATING</b>		70		
<b>ENGINE SIZE</b>		6.8 Liter V-10		
<b>GENERATOR OUTPUT VOLTAGE/KW - 60 Hz</b>		<b>KW</b>	<b>AMP</b>	<b>CB Size</b>
120/240V, 1-phase, 1.0 pf		70	292	300
120/240V, 3-phase, 0.8 pf		70	210	250
120/208V, 3-phase, 0.8 pf		70	243	300
277/480V, 3-phase, 0.8 pf		70	105	125
<b>GENERATOR LOCKED ROTOR KVA AVAILABLE @ VOLTAGE DIP OF 35%</b>				
Single phase or 208-240 3-phase		145		
480V 3-phase		160		
<b>ENGINE FUEL CONSUMPTION (Natural Gas) (Propane)</b>		<b>Natural Gas</b>	<b>Propane</b>	
		(ft <sup>3</sup> /hr.)	(gal/hr.)	cu ft/hr
Exercise cycle		110	1.20	44.2
25% of rated load		260	2.85	104.9
50% of rated load		499	5.46	200.9
75% of rated load		696	7.62	280.4
100% of rated load*		1020	11.17	411
<b>ENGINE COOLING</b>				
Air flow (inlet air including alternator and combustion air) ft <sup>3</sup> /min.		5200		
System coolant capacity US gal.		4.5		
Heat rejection to coolant BTU/hr.		287,000		
Max. operating air temp. on radiator °C (°F)		60 (150)		
Max. ambient temperature °C (°F)		50 (140)		
<b>COMBUSTION AIR REQUIREMENTS</b>				
Flow at rated power 60 Hz cfm		205		
<b>SOUND EMISSIONS IN DBA</b>				
Exercising at 7 meters		61		
Normal operation at 7 meters		65		
<b>EXHAUST</b>				
Exhaust flow at rated output 60 Hz cfm		557		
Exhaust temp. at muffler outlet °F		890		
<b>ENGINE PARAMETERS</b>				
Rated synchronous RPM 60 Hz		1800		
HP at rated KW** 60 Hz		110.7		
<b>POWER ADJUSTMENT FOR AMBIENT CONDITIONS</b>				
Temperature Deration				
3% for every 10 °C above - °C		25		
1.65% for every 10 °F above - °F		77		
Altitude Deration				
1% for every 100 m above - m		183		
3% for every 1000 ft. above - ft.		600		

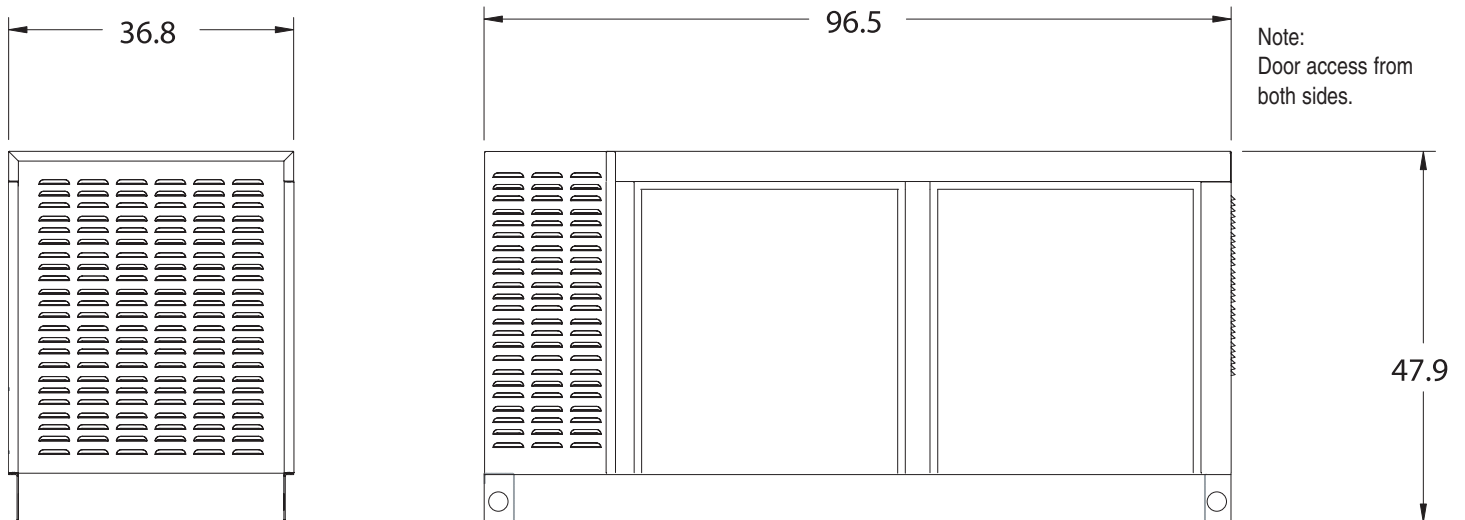
\* Refer to "Emissions Data Sheets" for maximum fuel flow for EPA and SCAQMD permitting purposes.

\*\* Refer to "Emissions Data Sheets" for maximum bHP for EPA and SCAQMD permitting purposes.

RATING: All three phases units are rated at 0.8 power factor. All single phase units are rated at 1.0 power factor. STANDBY RATING: Standby ratings apply to installations served by a reliable utility source. The standby rating is applicable to varying loads for the duration of a power outage. There is no overload capability for this rating. Ratings are in accordance with ISO-3046-1. Design and specifications are subject to change without notice. kW rating is based on LPG fuel and may derate with natural gas.



## INSTALLATION LAYOUT







México D.F. el 11 de Octubre de 2012.

**Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica.**

Mariano Escobedo No.420  
Col. Anzures C.P. 11590  
México D.F.

Atención. Ing. Fernando Eliel Reyes López  
Coordinador de Sello FIDE

Estimado Ing. Reyes.

En atención a su amable solicitud de cotización, tenemos el gusto de presentar nuestra oferta por un **Sistema de Generación con motor de combustión interna a Gas Natural.**

Este documento contiene la oferta definitiva del equipo de generación, de los sistemas auxiliares necesarios para su correcto funcionamiento y la integración de los mismos.

Estamos a su completa disposición para todas las aclaraciones eventualmente necesarias.

Atentamente:

---

Ing. Gerardo Córdova Cervantes.  
Desarrollo de Negocios

[www.ambarelectro.com.mx](http://www.ambarelectro.com.mx)

Ambar Electroingeniería S.A. de C.V.

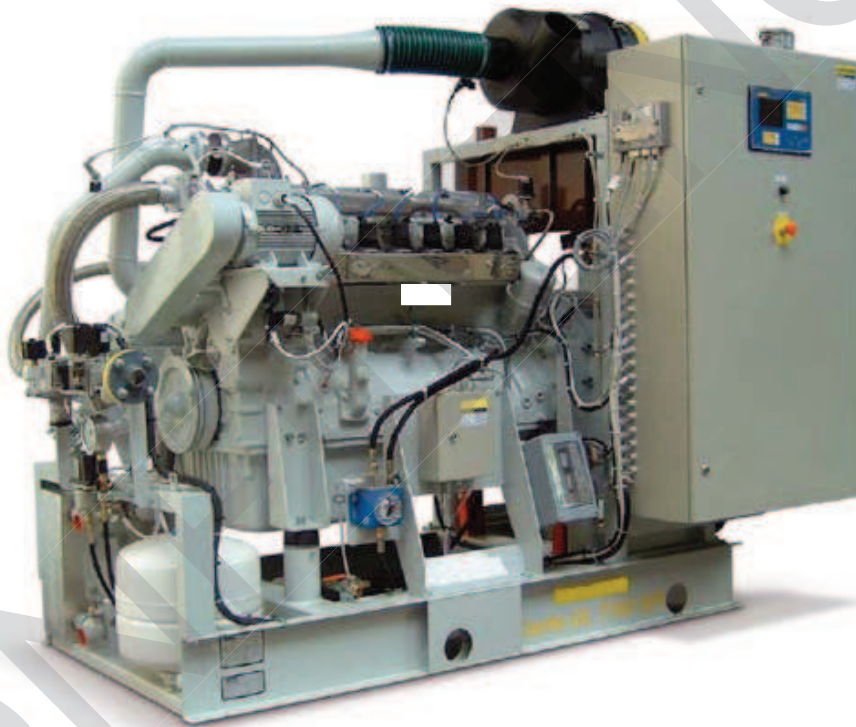
Oficinas: Andrea Del Castagno 27 Col. Mixcoac C.P. 03910

Planta y domicilio fiscal: Ernesto Pugibet 22 San José Xalostoc Edo. De México C.P. 55390

Tels.: 5482-5100 / 5101 / 5102 / Fax: 5482-5103

Lada sin costo 01 800 711-2022

## Oferta Comercial : Sistema de Generación



Picture may differ from actual engine

[www.ambarelectro.com.mx](http://www.ambarelectro.com.mx)

Ambar Electroingeniería S.A. de C.V.

Oficinas: Andrea Del Castagno 27 Col. Mixcoac C.P. 03910

Planta y domicilio fiscal: Ernesto Pugibet 22 San José Xalostoc Edo. De México C.P. 55390

Tels.: 5482-5100 / 5101 / 5102 / Fax: 5482-5103

Lada sin costo 01 800 711-2022

Partida	Cantidad	Descripción	Precio Unitario [USD]	Precio Total [USD]
1	1	<p>Suministro, instalación y puesta en marcha de un <b>Sistema de generación</b> con una potencia de salida de <b>53 kWe</b> y <b>78 kWt</b> en sitio.</p> <p><b>Incluye:</b>  <b>Unidad de Generación</b> marca <b>Ambar</b>, modelo <b>MG 065</b> con una potencia eléctrica de <b>53 kWe</b> y una potencia térmica de <b>78 kWt</b> a <b>gas natural</b>. Con lo siguiente:</p> <p>1) Características técnicas básicas a <b>2300 msnm</b> y <b>20 °C</b>:</p> <p>a) Potencia eléctrica de salida <b>53 kWe</b>  b) Potencia térmica de salida <b>78 kWt ±8%</b>  c) Consumo de gas natural <b>149 kW +5%</b>  d) Tensión de generación <b>480 Volts</b>  e) Frecuencia de operación <b>60 Hz</b>  f) Emisiones NOx <b>≤ 500 mg/Nm<sup>3</sup></b>  g) Eficiencia Eléctrica <b>35.4 %</b>  h) Eficiencia Térmica <b>51.9 %</b>  i) Eficiencia Total <b>87.3 %</b></p> <p>Incluye: Sistema de enfriamiento, Sistema de ventilación, Sistema de escape, Sistema de alimentación de gas, Sistema de Lubricación, Sistema de fuerza y control que incluye la protección y sincronización del generador en Baja Tensión y todos los materiales y accesorios necesarios para su correcta instalación.</p> <p><b>Instalación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Integración de los equipos que forman los Sistemas auxiliares de la Unidad de Generación.</li> </ul>	\$ 138,100	\$ 138,100
2	1	<p><b>Aditamentos para aprovechamiento de calor:</b></p> <p>Intercambiadores de calor en las camisas y gases de escape del motor y todo lo necesario para su correcto funcionamiento.</p>	\$ 5,950	\$ 5,950
3	1	<p>Cabina Acústica que garantiza 70 dB(A) a 3 metros</p>	\$ 8,000	\$ 8,000
<b>Total</b>			<b>\$ 152,050.00</b>	

**Ciento cuarenta y cuatro mil dólares americanos.**

[www.ambarelectro.com.mx](http://www.ambarelectro.com.mx)

Ambar Electroingeniería S.A. de C.V.

Oficinas: Andrea Del Castagno 27 Col. Mixcoac C.P. 03910

Planta y domicilio fiscal: Ernesto Pugibet 22 San José Xalostoc Edo. De México C.P. 55390

Tels.: 5482-5100 / 5101 / 5102 / Fax: 5482-5103

Lada sin costo 01 800 711-2022



Picture may differ from actual canopy

### Condiciones Comerciales

- 1) Precios sujetos a cambio sin previo aviso, en USD liquidables al tipo de cambio del día de pago de la factura. Validez de la oferta: 30 días a partir de la fecha de la misma. Los precios no incluyen IVA mismo que será incluido al momento de facturar.
- 2) **Condiciones de pago.** 50% de anticipo, 40% contra aviso de disponibilidad del generador, 5% contra entrega del equipo en sitio, 5% contra entrega del proyecto.
- 3) **Tiempo de entrega.** 21 semanas (sujeto a disponibilidad del generador).

Actividad	Semana																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Anticipo	█																					
Fabr del motor		█	█	█	█																	
Flete del motor						█	█	█	█													
Ensamble de equipos										█	█	█	█	█	█							
Instalación y puesta en marcha																█	█	█	█			
Pruebas																				█	█	
Entrega																						█

- 4) **Almacenamiento:** Ambar notificará la fecha en que los equipos se encuentren disponibles para transporte, si después de dos semanas de la fecha mencionada el cliente no cubre el 40% solicitado, se harán cargos por almacenaje y mantenimiento a razón del 0.5 % del precio total marcado en el pedido, por cada semana que transcurra entre la fecha de notificación y la fecha de transporte real del equipo.

**Lugar de entrega: DDP Cd. De Tlaxcala.**

- 5) **Puesta en marcha:** El precio incluye la permanencia en el lugar de instalación de un técnico por 5 días para la puesta en marcha. Cualquier día adicional tendrá un costo de 950.00 USD diarios.
- 6) En caso de requerir otro(s) viaje(s), el cliente cubrirá los gastos de transportación hasta el lugar de instalación y un costo de 950.00 USD diarios.
- 7) Las emisiones de la máquina así como la correcta operación de la misma con los intervalos de mantenimiento sugeridos sólo pueden ser garantizadas si se cumple con las especificaciones referentes a:
- Calidad mínima del gas
  - Especificación del aceite de lubricación
  - Calidad del agua de enfriamiento
  - Calidad del aire de la combustión

Los programas de mantenimiento, servicio y calidad de combustible deben ser documentados por el operador y si necesario deben ser mostrados a solicitud del fabricante.

8) **Garantía del motor:**

El período de la garantía limitada será de 12 meses a partir de primera puesta en marcha o 18 meses desde la entrega; lo que ocurra primero. A la expiración del período de garantía, la garantía limitada seguirá aplicando para los siguientes 12 meses adicionales como la cobertura ampliada, pero sólo para los siguientes componentes principales:

- Monoblock (defecto de fundición)
- Cigüeñal (forjado defectuoso)
- Árbol de levas (forjado defectuoso)
- Volante (defecto de fundición)
- Carcasa del volante (defecto de fundición)
- Carcasa del enfriador del aceite (defecto de fundición)
- Cubierta delantera (defecto de fundición)
- Cáster de aceite (defecto de fundición)
- Biela (forjado defectuoso)
- Culata del motor (defecto de fundición)

- 9) **Alcance de la oferta:** Nuestra oferta fue preparada en base a la información enviada por el cliente, por tanto si al momento de recibir su orden de compra existen variaciones contra lo originalmente cotizado, será necesario revisar tanto el precio como el tiempo de entrega.

10) **No se incluye:**

- Cualquier elemento no mencionado en la presente oferta
- Instalación de gas hasta la máquina
- Instalación eléctrica baja tensión a más de 10 metros
- Transformador
- Maniobras de descarga y levante del equipo en sitio
- Chimenea
- Mecánica de Suelos
- Obra civil
- Mejoramiento de suelos
- Cimentaciones especiales
- Modificaciones de las instalaciones actuales
- Fianzas



México D.F. el 11 de Octubre de 2012.

- 11) **Pedidos:** En caso de vernos favorecidos con su apreciable orden de compra, favor de colocarla a nombre de AMBAR Electroingeniería S.A. de C.V.
- 12) Condiciones comerciales "generales": las normales en uso en **Ambar**.

Sin más por el momento, quedamos de ustedes.

---

Ing. Gerardo Córdova Cervantes  
Desarrollo de Negocios

[www.ambarelectro.com.mx](http://www.ambarelectro.com.mx)

Ambar Electroingeniería S.A. de C.V.

Oficinas: Andrea Del Castagno 27 Col. Mixcoac C.P. 03910

Planta y domicilio fiscal: Ernesto Pugibet 22 San José Xalostoc Edo. De México C.P. 55390

Tels.: 5482-5100 / 5101 / 5102 / Fax: 5482-5103

Lada sin costo 01 800 711-2022

## MG065 Technical data 60 Hz - Natural gas applications Preliminary Information

NOx < 500 mg/Nm<sup>3</sup> Emissions at 100 % load (Correlation 5 % O<sub>2</sub>)

The technical data are based on Natural gas with a calorific value of 10 kW/h/Nm<sup>3</sup> and a methane no. > 80.

Engine type		MG 065						
Engine power <sup>1</sup>		kW	68					
Speed		min <sup>-1</sup>	1800					
Mean effective pressure		bar	11.90					
Exhaust temperature	approx.	°C	430					
Exhaust mass flow wet	approx.	kg/h	367					
Combustion air mass flow <sup>2</sup>	approx.	kg/h	354					
Engine parameters								
Bore / stroke		mm	108 / 125					
Displacement		l	4.58					
Compression ratio			11:1					
Mean piston speed		m/s	7.5					
Lube oil content consumption up to <sup>3</sup>		kg/h	0.100					
Lube oil filling quantity min. / max.		l	9 / 13					
Generator								
Efficiency <sup>4</sup>		%	94.2%					
Energy balance								
Electrical power		kW <sub>el</sub>	64					
Coolant heat	± 7 %	kW	54					
Mixture heat HT	± 7 %	kW	3					
Mixture heat LT	± 7 %	kW	2					
Exhaust heat cooled to 120 °C	± 7 %	kW	37					
Engine radiation heat max.	± 7 %	kW	17					
Fuel consumption	+ 5 %	kW	181					
Electrical efficiency		%	35.4%					
Thermal efficiency <sup>5</sup>		%	51.9%					
Total efficiency		%	87.3%					
System parameters								
Coolant filling quantity		l	13					
Max. coolant operating pressure		bar	2					
Min. engine coolant circulation quantity <sup>6</sup>		l/min	175					
Coolant temperature min./max. <sup>6</sup>		°C	80/88					
Difference (inlet - outlet max.)		K	6					
Max. mixture cooling water inlet temperature LT		°C	45					
Min. mixture cooling water circulation quantity LT		l/min	13					
Max. mixture cooling water inlet temperature HT		°C	85					
Min. mixture cooling water circulation quantity HT		l/min	19					
Max. suction pressure		mbar	15					
Max. exhaust back pressure		mbar	40					
Noise frequency band		Canopy	Container					
Surface noise at 3 m		dB (A)	70					
			70					
Dimensions Genset					Voltages		Breaker Size (A)	
		Open	Canopy	Container				
Length	mm	1900	4000	6080	480/240		125/250	
Width	mm	1100	1460	2440	440/220		125/250	
Height	mm	1300	1750	2590	416/208		125/250	
Weight, dry	kg	1747	2947	3997				

1 Rating adaptation at ambient conditions acc to DIN ISO 3046-1

2 Engine power ratings and combustion air volume flows acc to DIN ISO 3046-1

3 Lube oil to MAN works standar M 3271-2 and coolant to MAN works standard M 324 Type NF

4 At 60 Hz, U = 0.48 kV, Power Factor = 1

5 Efficiency considers: coolant heat, mixture heat HT and exhaust heat

6 The coolant data are based on a 40 % portion of antifreeze.

The values given in this data sheet are for information purposes only and not binding.