



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN  
INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

***PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EVALUAR  
OPCIONES DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DE UNA PLANTA  
INDUSTRIAL***

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

**PRESENTA:**

**ING. FRANCISCO URIAS ROMERO**

**ASESOR DE TESIS:**

**M.I. MARIANO ANTONIO GARCÍA MARTÍNEZ**



**2010**

## **JURADO ASIGNADO:**

Presidente: Dr. José De Jesús Acosta Flores  
Secretario: Dr. Benito Sánchez Lara  
Vocal: M.I. Mariano Antonio García Martínez  
1er. Suplente: Dr. Ricardo Aceves García  
2do. Suplente: Dra. Patricia Balderas Cañas

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:  
México, Distrito Federal, Ciudad Universitaria, Facultad  
de Ingeniería.

## **TUTOR DE TESIS:**

MI. Mariano Antonio García Martínez

---

**FIRMA**

---

# *Agradecimientos*

---

## *Agradecimientos*

### *A Dios*

*Por darme la bella oportunidad de vivir.*

### *A México*

*Por ser el país que me vio nacer y me ha dado la oportunidad de crecer y desarrollarme en él.*

### *A la Universidad Nacional Autónoma de México*

*Por la educación integral que me ha proporcionado desde el bachillerato.  
Mi alma mater*

### *A la Facultad de Ingeniería*

*Porque a través de sus aulas me fui formado como un Maestro de profesión y espíritu.*

### *Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*

*Porque sin su soporte económico no hubiera sido posible la conclusión de esta investigación.*

### *Al MI. Mariano Antonio García Martínez*

*Por la guía que me ha brindado tanto en la realización de este trabajo, así como su buen consejo.*

### *A mis sinodales*

*Muchas gracias por sus sabios consejos en la elaboración de este trabajo.*

*A Alejandra mi madre*

*Por traerme al mundo, por su apoyo, buen ejemplo; pero, sobre todo por su gran amor.  
Gracias Totales*

*A Eric y Oscar mis hermanos*

*Por compartir mi vida entera conmigo, por estar siempre a mi lado.  
Son mi complemento*

*A Yamilet*

*Por el apoyo que jamás olvidaré...  
Sin ti simplemente no sería una realidad esta tesis, gracias por tu exigencia y tu ayuda.*

*A todos mis familiares*

*Por acompañarme en los éxitos y en las situaciones difíciles.*

*A mis amigos*

*Por brindarme su Amistad y compartir tantos momentos de alegría.*

*Por ser parte de mi vida*

*Gracias*

*Francisco*

	<i>Pág.</i>
<i>Introducción General</i>	<i>1</i>
<i>Capítulo 1. Identificación y definición del Sistema</i>	<i>11</i>
<i>Introducción</i>	<i>13</i>
<i>1.1 Definición del sistema</i>	<i>14</i>
<i>1.1.1 Visión</i>	<i>14</i>
<i>1.1.2 Misión</i>	<i>15</i>
<i>1.1.3 Objetivos</i>	<i>16</i>
<i>1.2 Ubicación del sistema</i>	<i>16</i>
<i>1.2.1 Ubicación temporal</i>	<i>16</i>
<i>1.2.2 Ubicación espacial</i>	<i>17</i>
<i>1.2.3 Ubicación sectorial</i>	<i>17</i>
<i>1.3 Análisis del entorno</i>	<i>18</i>
<i>1.3.1 Análisis interno</i>	<i>18</i>
<i>1.3.1.1 Aspectos sociales y laborales</i>	<i>18</i>
<i>1.3.1.2 Proceso general</i>	<i>21</i>
<i>1.3.1.3 Subprocesos</i>	<i>22</i>
<i>1.3.2 Análisis externo</i>	<i>22</i>
<i>2.3.2.1 Marco regulatorio</i>	<i>22</i>
<i>a) Autoabastecimiento (Artículos 101 y 102)</i>	<i>23</i>
<i>b) Producción independiente (Artículos 108 a 110)</i>	<i>24</i>
<i>c) Pequeña Producción (Artículos 111 y 115)</i>	<i>24</i>
<i>d) Cogeneración (Artículos 103 a 107)</i>	<i>25</i>
<i>e) Generación de energía eléctrica destinada a la Exportación (Artículos 116 y 119)</i>	<i>25</i>
<i>f) Generación de energía eléctrica destinada a la Importación (Artículos 120 y 123)</i>	<i>26</i>
<i>2.3.2.2 Aspectos sociales</i>	<i>26</i>
<i>2.3.2.3 Barreras tecnológicas</i>	<i>27</i>
<i>1.3.3 Modelo de Porter</i>	<i>27</i>
<i>1.3.3.1 Rivalidad entre los competidores existentes</i>	<i>28</i>
<i>1.3.3.2 Amenaza de nuevos competidores</i>	<i>28</i>
<i>1.3.3.3 Clientes</i>	<i>29</i>
<i>1.3.3.4 Presión de productos sustitutos</i>	<i>29</i>
<i>1.3.3.5 Proveedores</i>	<i>29</i>
<i>1.3.4 Matriz FODA</i>	<i>29</i>
<i>Conclusiones.</i>	<i>32</i>

	Pág.
<i>Capítulo 2. Determinación de escenarios y prospectiva</i>	35
<i>Introducción</i>	37
<i>2.1 Determinación de escenarios y prospectiva</i>	39
<i>2.1.1 Metas - ¿qué se quiere lograr?</i>	39
<i>2.1.2 Determinación de estrategias</i>	40
<i>2.2 Diagnóstico de consumo eléctrico</i>	41
<i>2.2.1 Demanda contratada</i>	41
<i>2.2.2 Servicio contratado</i>	42
<i>2.2.3 Región</i>	43
<i>2.2.4 Temporada, Horario y Periodo</i>	43
<i>2.2.5 Demanda facturable</i>	46
<i>2.2.6 Factor de potencia</i>	47
<i>2.3 Determinación de escenarios</i>	47
<i>2.3.1 Contrato con la compañía suministradora</i>	48
<i>2.3.1.1 Tensión de operación</i>	49
<i>2.3.1.2 Confiabilidad y flexibilidad del sistema</i>	50
<i>2.3.2 Autoabastecimiento: planta propia</i>	51
<i>2.3.2.1 Procesos complementarios a la planta</i>	52
<i>2.3.2.2 Tecnologías de generación</i>	52
• <i>Motor de combustión interna</i>	52
• <i>Turbinas de gas</i>	55
• <i>Eólicas</i>	56
<i>2.3.2.3 Capacidad instalada requerida</i>	59
<i>2.3.2.4 Equipos</i>	60
<i>2.3.3 Autoabastecimiento: sociedad comercial</i>	60
<i>2.3.3.1 Tipos de sociedad</i>	60
<i>2.3.3.2 Permisos de porteo</i>	60
<i>2.3.3.3 Equipos de distribución</i>	62
<i>Conclusiones</i>	64
<i>Capítulo 3. Estudio de factibilidad y evaluación de alternativas</i>	67
<i>Introducción</i>	69
<i>3.1 Estudio de mercado</i>	71
<i>3.1.1 El consumidor y las demandas del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas.</i>	71
<i>3.1.2 La competencia y las ofertas del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas.</i>	71

	Pág.
3.1.3 Comercialización del producto o servicio del proyecto.	72
3.1.4 Los proveedores y la disponibilidad y precios de los insumos, actuales y proyectados	72
3.2 Evaluación técnica	72
3.2.1 Infraestructura y equipo actual disponible	73
3.2.2 Capacidad de procesos	75
3.2.3 Ingeniería del proyecto	75
3.2.3.1 Tecnología	76
3.2.3.2 Equipos	76
3.2.3.3 Obras de Ingeniería	77
3.2.3.4 Análisis de insumos	77
3.2.3.5 Servicios públicos	77
3.2.3.6 Mano de obra	78
3.3 Evaluación financiera	78
3.3.1 Presupuestos y programa de inversiones y fuentes de financiamiento.	78
3.3.2 Proyección financiera	79
3.3.2.1 Costos	79
3.3.2.2 Flujo de efectivo	80
3.3.2.3 Pago de créditos y otros compromisos	80
3.3.2.4 Capacidad de pago	80
3.3.3 Situación financiera actual y proyectada	80
3.3.4 Análisis de rentabilidad	81
3.3.4.1 Relación Costo/Beneficio	81
3.3.4.2 Valor Presente Neto (VPN)	82
3.3.4.3 Tasa Interna de Retorno (TIR)	82
3.3.4.4 Análisis de sensibilidad	83
3.3.4.5 Periodo de recuperación del capital	84
3.4 Evaluación de alternativas	84
Conclusiones.	86
Capítulo 4. Aplicación teórica de la metodología a un caso existente	89
Introducción	91
PASO 1.- Definición del sistema: "Ingenio PUGA S.A. DE C.V"	93
a) Visión	93
b) Misión	93
c) Valores	93

	Pág.
d) <i>Objetivos</i>	94
<i>PASO 2.-Ubicación del sistema</i>	94
a) <i>Ubicación sectorial</i>	94
b) <i>Ubicación espacial</i>	94
c) <i>Ubicación temporal</i>	94
<i>PASO 3.- Análisis del entorno</i>	96
a) <i>Análisis interno</i>	96
▪ <i>Proceso general</i>	96
▪ <i>Proceso complementario</i>	98
b) <i>Análisis externo</i>	99
▪ <i>Marco regulatorio</i>	99
▪ <i>Barreras tecnológicas</i>	100
c) <i>Matriz FODA</i>	100
<i>PASO 4.- Análisis de Porter</i>	106
<i>PASO 5.- Determinación de estrategias</i>	106
a) <i>Horizonte - ¿a dónde se quiere llegar?</i>	106
b) <i>Metas - ¿qué se quiere lograr?</i>	106
<i>PASO 6.-Diagnóstico de consumo eléctrico</i>	106
a) <i>Consumo mensual</i>	107
<i>PASO 7.- Determinación de escenarios</i>	107
1. <i>Contrato con la compañía suministrador</i>	107
a) <i>Tensión de operación</i>	107
b) <i>Número de acometidas</i>	107
c) <i>Confiabilidad y flexibilidad del sistema</i>	107
2. <i>Autoabastecimiento: planta propia</i>	108
a) <i>Procesos complementarios a la planta</i>	108
b) <i>Tecnologías de generación</i>	108
c) <i>Capacidad instalada requerida</i>	109
d) <i>Equipos</i>	109
3. <i>Autoabastecimiento: sociedad comercial</i>	109
a) <i>Tipos de sociedad</i>	110
b) <i>Permisos de porteo</i>	110
c) <i>Equipos de distribución</i>	110
<i>PASO 8.- Estudio de factibilidad</i>	110

	Pág.
1) Estudio de Mercado	110
2) Evaluación técnica	110
a) Infraestructura y equipo actual disponible	111
b) Ingeniería del proyecto	111
▪ Tecnología	112
▪ Equipos	112
▪ Obras de Ingeniería	114
▪ Análisis de insumos	115
▪ Servicios públicos	115
▪ Mano de obra	115
3) Evaluación económica – financiera	116
a) Presupuestos y programa de inversiones y fuentes de financiamiento.	116
• Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética	116
• Fondo Verde	117
• Mecanismos de Desarrollo Limpio	118
b) Proyección económica	119
▪ Costos	119
▪ Flujo de efectivo	122
c) Análisis de rentabilidad	122
▪ Análisis de sensibilidad	123
PASO 9.- Evaluación de alternativas	123
PASO 10.- Selección de la mejor opción de suministro	124
Conclusiones.	126
 Conclusiones Generales	 127
 Bibliografía	 133
 FIGURAS	
Figura 1.1.- Preguntas que debe responder la misión	15
Figura 1.2.- Sectores económicos de producción	18
Figura 1.3.- Modelo organizacional	21
Figura 1.4.- Las cinco fuerzas de Porter	28

	Pág.
<i>Figura 1.5.- Matriz FODA y estrategia</i>	30
<i>Figura 1.6.- Primera parte del proceso metodológico</i>	32
<i>Figura 2.1.- Parámetros que cobra CFE para el suministro de energía</i>	41
<i>Figura 2.2.- Motor de combustión interna</i>	54
<i>Figura 2.3.- Curva típica de potencia vs velocidad del viento en turbinas eólicas</i>	59
<i>Figura 2.4.- Segunda parte del proceso metodológico</i>	64
<i>Figura 3.1.- Tercera parte del proceso metodológico</i>	86
<i>Figura 4.1.- Proceso metodológico</i>	105
<i>Figura 4.2.- Ciclo de cabecera</i>	111
 TABLAS	
<i>Tabla 1.1.- Entorno, estrategia y cultura organizacional</i>	20
<i>Tabla 1.2.- Modelos de la cultura organizacional</i>	20
<i>Tabla 2.1.- Densidad de potencia en el viento según la clase</i>	58
<i>Tabla 4.1.- Matriz FODA</i>	101
<i>Tabla 4.2.- Estrategias a partir de la Matriz FODA</i>	104
<i>Tabla 4.3.- Lista de equipos Ingenio Puga</i>	111
<i>Tabla 4.4.- Datos de jornal</i>	114
<i>Tabla 4.5.- Datos financieros generales</i>	118
<i>Tabla 4.6.- Ingresos por venta de excedentes de energía eléctrica durante la zafra</i>	120
<i>Tabla 4.7.- Ingresos por venta de excedentes de energía eléctrica durante la no-zafra</i>	120
<i>Tabla 4.8.- Flujo de Efectivo</i>	121
<i>Tabla 4.9.- Matriz de sensibilidad</i>	122





# *Introducción*

Esta página se dejó en blanco intencionalmente

## ***I. Introducción***

Al emprender un nuevo proyecto, la industria se enfrenta ante la problemática de satisfacer su consumo de energía.

En México la generación de energía eléctrica era exclusiva del Estado, sin embargo, en 1992 se optó por cambiar la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), permitiendo a la inversión privada incursionar en el área, esto a consecuencia del aumento de las tarifas eléctricas de la energía producida por Comisión Federal de Electricidad (CFE), surgiendo así el concepto de autoabastecedor<sup>1</sup>, cogeneración<sup>2</sup>, producción independiente<sup>3</sup> y pequeña producción<sup>4</sup>.

Bajo este contexto la industria mexicana se encuentra ante tres opciones para cubrir sus necesidades energéticas; contratar los servicios de la compañía suministradora (en el caso específico de México es la CFE), instalar una planta de energía eléctrica para autoabastecerse o establecer una sociedad comercial para satisfacer demandas energéticas de varias industrias bajo la modalidad de autoabastecimiento.

Dentro de los beneficios de contratar a una compañía suministradora (CFE) con respecto a otra opción, son: baja inversión inicial, operación del sistema eléctrico es menos complicada y menor utilización de espacio físico para su instalación. Algunas desventajas son: dependencia a la compañía suministradora y mayores gastos de operación.

Por su parte algunos beneficios de instalar una planta generadora propia son: mayor confiabilidad del sistema eléctrico, posibilidad de vender excedentes de energía, menores

---

<sup>1</sup> Utilización de energía eléctrica para fines de autoconsumo.

<sup>2</sup> Producción de energía eléctrica conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambas.

<sup>3</sup> Generación de energía eléctrica proveniente de una planta con capacidad mayor de 30 MW, destinada exclusivamente a su venta a la CFE o a la exportación.

<sup>4</sup> Generación de energía eléctrica proveniente de una planta con capacidad no mayor de 30 MW, destinada a su venta a la CFE o a la exportación y autoabastecimiento de pequeñas comunidades rurales o áreas aisladas que carezcan del servicio de energía eléctrica, en cuyo caso los proyectos no podrán exceder de 1 MW.

costos de operación y flexibilidad en el sistema de distribución. Sus desventajas son: alto costo de capital, mayor complejidad en el manejo del sistema y mayor espacio físico para su instalación.

Si una industria desea instalar una planta de generación de energía eléctrica, se deben considerar los requerimientos de las cargas, tamaño, costo y la flexibilidad y el grado de confiabilidad del sistema. Además de evaluar las tecnologías de generación disponibles en el mercado.

### **1.1 Planteamiento del Problema**

Las modificaciones realizadas a la LSPEE permiten que las empresas privadas puedan generar energía eléctrica siempre que no se utilice para la prestación del servicio público, tal como lo establece el artículo 27 de la Constitución.

Sin embargo, aun cuando la empresa conozca el proceso de generación eléctrica, no se encuentra familiarizado con los lineamientos y esquemas básicos que enfrentan los proyectos de autoabastecimiento y su comercialización para ponerla en operación.

Una industria tiene que analizar las opciones con las que cuenta para satisfacer sus requerimientos de energía eléctrica, ya sea, a través de un contrato con la compañía suministradora o aprovechando la legislación vigente e instalar una planta de generación de energía eléctrica.

Para dar solución a esta problemática es necesario evaluar en dos principales rubros, el primero es técnico-económico y el segundo desde la factibilidad de acuerdo a la organización misma de la empresa en cuestión; las opciones antes mencionadas y hacer una comparación entre ellas, principalmente costo beneficio. Para ello se tiene que tomar en cuenta; la selección de capacidad, tipos y rigidez de los contratos tanto con CFE como bajo el esquema de autoabastecimiento, tecnologías de generación, costos de combustible, cargos por porteo si fuera el caso, tensiones de operación y de distribución, la flexibilidad y la confiabilidad que requiera el sistema.

Esta evaluación no es nada sencilla, por lo cual es necesario contar con una metodología cuyo objetivo es estructurar y dar una forma concreta a aquello que pensamos realizar para así poder llevarla a cabo de manera determinante. No obstante debido a que las herramientas que se pueden utilizar en cada uno de los apartados y procesos pueden ser sometidos a juicio por cada uno de los lectores; en este trabajo se propone un procedimiento metodológico, que cumple con una estructura ordenada secuencialmente, partiendo desde la ubicación de la empresa como un sistema hasta la decisión de cuál es la mejor opción de suministro de energía eléctrica para dicha planta.

En los proyectos de Plantas Industriales, es importante determinar cuáles son los insumos que se requieren para llevar a cabo su ó sus procesos; así, como determinar cómo se deben llevar a cabo sus suministros. Por lo cual, teniendo como uno de los insumos importantes el de energía eléctrica, se requiere evaluar cuál es el mejor sistema para el suministro de electricidad de cada caso en particular. Por lo que esta investigación pretende dar respuesta a las siguientes preguntas:

- a) ¿Toda planta industrial tiene que evaluar las tres opciones disponibles para determinar cómo llevará a cabo su abasto de energía eléctrica para satisfacer sus necesidades?
- b) ¿La decisión en cuestión es solamente económica o cómo intervienen la situación y por ende el contexto de cada empresa industrial?

## **I.2 Objetivo General**

Desarrollar un procedimiento metodológico para evaluar, las tres opciones de suministro de energía eléctrica que actualmente nos permite el marco regulatorio vigente en nuestro país, de tal forma que sea coincidente con la situación deseada de la empresa que debe tomar la decisión de cómo satisfacer sus necesidades de suministro de energía eléctrica.

### **I.3 Objetivos Específicos**

Analizar la legislación vigente para realizar el proceso de autoabastecimiento y cogeneración de energía eléctrica y térmica.

Segmentar el mercado meta, con base en sus requerimientos de energía, identificando a las empresas que son candidatas a utilizar el procedimiento metodológico planteado en este trabajo de tesis.

Los tres primeros capítulos se plantea la base teórica para formular el procedimiento metodológico y al mismo tiempo se describe el procedimiento propuesto para evaluar las opciones de suministro de energía eléctrica en una planta industrial.

### **I.4 Justificación**

El entorno globalizado en el que se desarrolla actualmente la economía mundial ha generado cambios radicales en la política de las empresas y ha incrementado la competencia, propiciando la creación de nuevos productos y servicios cada vez más adaptados a las necesidades de los clientes. Esto ha provocado el surgimiento de nuevas empresas, alianzas entre las existentes, la desaparición de otras y la creación de nuevas alternativas para subsistir en el medio tan cambiante.

Las empresas de una misma industria compiten entre sí por ganar un lugar dentro de las preferencias de los consumidores, tratando de tener una participación activa en el mercado. Esto se puede lograr de diversas maneras, y entre ellas se encuentra el tener productos o servicios de buena calidad que cumplan con las expectativas y necesidades de los consumidores, dando de esta manera un valor agregado al producto, superando así a sus competidores.

El entorno y la situación actual de la economía mexicana han provocado, entre otras cosas, que la eficiencia y costos de los suministros no sean los mejores y que a lo largo de los años

hayan sido inamovibles. Esto ha provocado que la industria mexicana sea cada vez menos competitiva a nivel mundial y menos productiva a nivel nacional.

La competencia que se genera entre las empresas produce un beneficio directo a los consumidores; ya que, ofrece mayor diversidad de productos y servicios a menores precios y con mejor calidad. Por lo que es con las opciones de suministro de electricidad que permite el actual marco regulatorio, las empresas pueden optimizar costos de energía; sino a través del ahorro en la facturación por este concepto, por la disminución en los paros de producción como resultado de la confiabilidad del sistema. No obstante, es necesario que se lleve a cabo una planeación estratégica que contemple la situación actual de la empresa y la situación deseada de dicha empresa para ver si esto es coincidente con los procesos de las alternativas de suministro de energía.

Con la implementación de algunos proyectos como el autoabastecimiento y la cogeneración de energía, se busca que las empresas sean más competitivas por medio de disminución de costos de operación vía disminución de suministros.

### ***1.5 Estrategia de Solución***

Con esta finalidad de que las empresas industriales en México, puedan decidir cuál es la mejor opción de suministro de energía eléctrica para su situación particular, se desarrollaran los elementos necesarios de dicho procedimiento metodológico, junto con su descripción a lo largo de los tres primeros Capítulos de esta tesis y en un cuarto y último capítulo se aplicará el procedimiento metodológico propuesto un caso existente.

En el primer Capítulo se desarrollará la primera fase de la metodología, siendo esta donde se proporcionan los elementos para definir a la empresa como un sistema y determinar su situación actual. De acuerdo al marco teórico que utilicé como base para el desarrollo de esta tesis decidí conveniente adaptar la Metodología de Los Sistemas Suaves de Peter Checklad, por la estructura y claridad en la definición del sistema; sin embargo, queda abierto para que futuros interesados en el tema puedan utilizar otras herramientas metodológicas.

La segunda parte es ya con la definición y acotación del sistema en estudio (capítulo 1), se presenta el análisis de los tres diferentes escenarios posibles para poder obtener el camino deseado del estado presente del sistema para conducirlo a estado deseado. Es decir, en esta fase, partiendo del marco teórico específico se presenta la aplicación de la técnica de construcción de escenarios que es una de las herramientas que nos brindan la planeación estratégica y la planeación prospectiva. No obstante a lo anterior, existen otras herramientas para tal proceso; pero la decisión de usar la técnica de escenarios es con base en la maleabilidad de ésta técnica a cualquier estudio.

La tercera fase del procedimiento metodológico, parte de la definición y acotación de los tres escenarios posibles, que definen las tres posibles opciones de suministros de energía eléctrica (capítulo 2) y se realiza el análisis de las tres posibles opciones y la selección de una de estas, a través de las herramientas de la teoría de decisiones. Siendo esta última una técnica de la teoría de evaluación de proyectos.

Y, por último, en el cuarto capítulo se aplica el procedimiento metodológico desarrollado en este trabajo de tesis para un caso de estudio específico, en el cuál se analizan las opciones suministro de energía y si es el caso, para el diseño e implantación de una planta de autoabastecimiento para Ingenio PUGA S.A de C.V.

### **I.6 Alcances**

El presente estudio:

Se enfocará a los lineamientos básicos aplicables al autoabastecimiento y la cogeneración de energía eléctrica y/o térmica con base en el marco legal y a la información del mercado de los consumidores actuales dentro del siguiente perfil:

- Que tengan procesos de autoabastecimiento y/o cogeneración de energía vigentes.
- Que su capacidad autorizada esté entre uno y diez Mega Watts

Se realizará para una Empresa de Servicios de Energía que será el proveedor de la información para la prestación del servicio de autoabastecimiento y/o cogeneración de energía eléctrica y/o térmica.

Analizará a las empresas que implementaron el autoabastecimiento y/o la cogeneración de energía eléctrica y/o térmica, el tipo de servicio ofrecido, la forma de distribución, así como la estrategia de precio de la que fueron sujetos.

Planteará lineamientos básicos que puedan servir como fundamento para el diseño de estrategias dirigidas a realizar la mejor selección de suministro de electricidad para satisfacer los requerimientos de una planta industrial.

### **1.7 Limitaciones**

El presente estudio:

Sólo analizará empresas que tengan una capacidad autorizada de entre uno y diez Mega Watts, para la generación de energía eléctrica y/o térmica.

Sólo arroja resultados para el servicio de autoabastecimiento y/o cogeneración de energía eléctrica y/o térmica, por lo tanto no se analizará información de otro tipo de generación de energía.

No se analiza a empresas del sector público.

En el cuarto capítulo la veracidad del contenido depende de la información que proporcione la compañía.

No se desarrolla una planeación estratégica integral para toda la empresa.

Esta página se dejó en blanco intencionalmente

# *Capítulo 1*

IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DEL SISTEMA

Esta página se dejó en blanco intencionalmente

## **1. Identificación y definición del Sistema**

### **Introducción.**

Según Rackoffy y Sengupta (1965), un sistema es; un conjunto de actividades (funciones o procesos) conectadas entre sí en el tiempo y en el espacio (Reza, 2001, pp.15).

Una organización o industria es, en realidad, un sistema, pues es un conjunto de partes que actúan de manera interactiva para formar un todo, con entradas y salidas desde y hacia el mundo exterior (Amaya, 2009).

La concepción de una nueva planta industrial para una empresa y la metodología a seguir para llevar a cabo dicho proyecto podría ser sencilla si no es considerado el recurso humano con el cual se llevará a cabo dicha concepción y construcción de la planta.

Resolver problemas relacionados con la actividad humana no es fácil, el comportamiento del ser humano responde a modelos organizados, adaptándose y discrepando de la forma como es afectado por ellos, esta particularidad provoca cambios que pueden ser beneficiosos o perjudiciales. Es importante que estos modelos se desarrollen de forma metodológica, y abarque todos los requerimientos al respecto del problema, preparándolo con flexibilidad para los cambios durante su aplicación (Vera, 2000).

En este capítulo se describirá los conceptos teóricos de la primera parte de la metodología propuesta para evaluar las opciones de suministro eléctrico en una planta de producción nueva, estos conceptos corresponden básicamente a la Teoría de los Sistemas Suaves.

## **1.1 Definición del sistema**

Para poder realizar un proceso asertivo de evaluación de la mejor opción de suministro de energía eléctrica para una planta industrial, tomaré como referente inicial un proceso de planeación; él cuál, se inicia por definir nuestro sistema, el tipo de planta a construirse debe ser coherente con los principios de la corporación, que están integrados por el conjunto de valores, creencias y normas que regulan la vida de la misma.

Los principios de la corporación definen los aspectos más importantes y que deben ser compartidos y constituyen su forma de vida, son el soporte de la cultura organizacional, de la Visión, Misión y los Objetivos.

### **1.1.1 Visión**

La visión es un conjunto de ideas principales y generales, algunas de ellas abstractas, que proveen el marco de referencia de lo que una empresa es y quiere ser en el futuro. La visión no debe expresarse en valores numéricos, debe ser comprometedora, motivante de tal manera que estimule y promueva la pertenencia de todos los miembros del sistema.

*"La visión señala rumbo, da dirección, es la cadena o el lazo que une en una empresa el presente con el futuro"* (Serna, 2002, pp.21).

Para nuestro sistema la visión sirve, además de proporcionar un propósito, de guía en la formulación de estrategias. Esta visión debe reflejarse en la misión, los objetivos y las estrategias y se hace tangible cuando se materializa en proyectos y metas específicas, cuyos resultados deben ser medibles.

### 1.1.2 Misión

La misión representa un concepto afín a la identidad del sistema, proporciona una definición de las actividades dentro de las cuales se ubican sus actividades comerciales presentes y futuras del sistema.

La misión es la formulación específica de los propósitos del sistema o de un área funcional, así como la identificación de sus tareas y los actores participantes en el logro de sus objetivos.

*"La misión expresa la razón de ser, es la definición del NEGOCIO en todas sus dimensiones e involucra al cliente como parte fundamental del deber ser de dicho negocio"* (Serna, 2002, pp. 31).

En términos generales, la misión debe responder las preguntas, que acoten el que se hace en la organización y cómo es que se hace. Estas preguntas que acotan él porque de la existencia de la empresa aparecen en la figura 1.1.

**Figura 1.1.- Preguntas que debe responder la misión**



Fuente: Adaptado de Serna, 2002.

### **1.1.3 Objetivos**

*Los objetivos son los resultados que una organización desea lograr a largo plazo.*

Al alcanzarse dichos objetivos se deben cumplir la visión y la misión de dicha organización.

Los objetivos se llegan a cumplir en base a las estrategias que la organización plantee. Las estrategias son las acciones que deben realizarse para mantener y soportar el logro de los objetivos y así hacer realidad los resultados esperados al definir los proyectos estratégicos, estas nos permiten concretar y ejecutar los proyectos estratégicos.

Las estrategias son el cómo lograr y hacer realidad cada objetivo.

### **1.2 Ubicación del sistema**

Definir el sistema productivo como un todo formado por un conjunto de elementos humanos y mecánicos interrelacionados y estructurados para desempeñar la función de producir satisfactores para la sociedad, no es ubicarlo en un contexto aislado donde el único elemento sea el sistema productivo. Más bien se debe situar al sistema con una visión totalizadora del enfoque de sistemas, interesan del sistema productivo sus relaciones internas y externas, es decir, el estudio de su entorno.

Para ubicarlo se requiere analizar tres dimensiones: la temporal, la espacial y la sectorial.

#### **1.2.1 Ubicación temporal**

Primeramente es necesario hablar de la duración del sistema, es decir, de la dimensión temporal, el periodo para el cual se evaluarán las tres posibles opciones de suministro de electricidad, indicando el tiempo transcurrido y por transcurrir en este horizonte de planeación.

### **1.2.2 Ubicación espacial**

La ubicación espacial de un sistema responde a sus necesidades y características con límites reducidos o extensos. El espacio que delimita un sistema productivo corresponde a algunos de los siguientes niveles:

- a) Espacio mundial
- b) Espacio internacional
- c) Espacio nacional
- d) Espacio regional
- e) Espacio estatal
- f) Espacio municipal
- g) Espacio local
- h) Espacio puntual

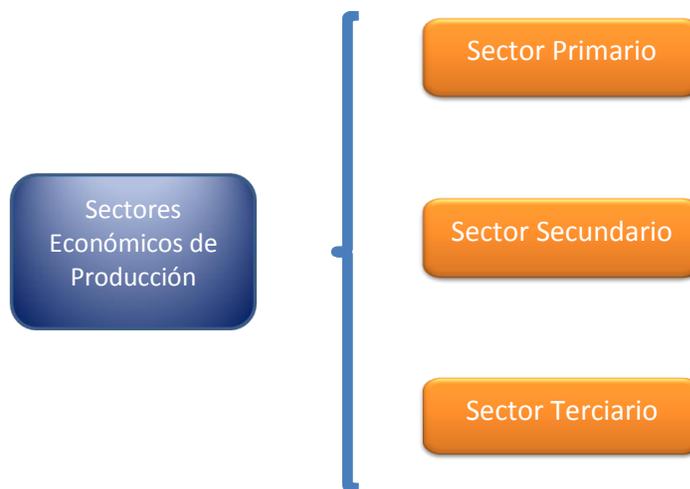
### **1.2.3 Ubicación sectorial**

El tercer componente de la ubicación de un sistema es el sectorial.

El aparato productivo de una nación y de su economía avanza y se diversifican conjuntamente con la distribución del trabajo generando las ramas de actividad económica. Estas se agrupan a través de los llamados sectores económicos, que se dividen en tres grandes grupos (ver figura 1.2):

- a) Sector primario (agricultura y pesca)
- b) Sector secundario (industrial)
- c) Sector Terciario (comercio y servicio)

**Figura 1.2.- Sectores económicos de producción**



Fuente: El autor

### **1.3 Análisis del entorno**

Para la formulación de estrategias y poder lograr los objetivos planteados, se requiere realizar un análisis del entorno previo; compuesto por un análisis externo con el propósito de identificar las oportunidades y las amenazas para la organización, presentes en un periodo considerado y un análisis interno, con el fin de identificar sus fortalezas y debilidades con respecto a la competencia.

#### **1.3.1 Análisis interno**

##### **1.3.3.1 Aspectos sociales y laborales**

Dentro del análisis interno de un sistema es importante el estudio del recurso humano, la cultura de la organización.

La cultura organizacional esta cimentada en el conjunto de valores, creencias y conductas supuestos, compartidos y transmitidos en una organización. Para que un sistema pueda ejecutar una estrategia exitosa debe existir una coherencia entre la estrategia planteada y su cultura organizacional y entre la estrategia y la naturaleza del entorno externo, entre más

turbulento sea esta entorno, más agresiva deberá ser la estrategia y más abierta la cultura de la organización (ver tabla 1.1).

**Tabla 1.1.- Entorno, estrategia y cultura organizacional**

Entorno	Repetitivo	En expansión	Cambiante	Discontinuo	Sorpresivo
<b>Agresividad de la estrategia</b>	Estable, basada en precedentes.	Reactiva, basada en experiencias.	Anticipadora, basada en extrapolación.	Exploratoria, basada en nuevas opciones observables	Creativa, basada en innovación.
<b>Apertura de la cultura organizacional</b>	Rechaza el cambio.	Se adapta al cambio.	Busca cambio conocido.	Busca cambio relacionado	Busca cambio novedoso.

Fuente: Francés, 2006, pp. 170.

La tabla anterior los podemos utilizar si la turbulencia del entorno, la agresividad de la estrategia y la cultura organizacional se encuentran o no alineadas para nuestro sistema. En caso de hallarse desalineada, encontraremos brechas entre la agresividad deseable de la estrategia, de acuerdo con lo exigido por la cultura del ambiente, y la agresividad real y de igual manera podemos encontrar estas brechas con la cultura de la organización. De existir tales brechas debemos adoptar medidas para cerrarlas, de lo contrario nuestra estrategia perderá viabilidad.

Toyohiro Kono en 1992 clasificó las culturas organizacionales para empresas japonesas, que bien pueden aplicarse de manera general (tabla 1.2).

**Tabla 1.2.- Modelos de la cultura organizacional**

	<b>Estancada autoritaria</b>	<b>Estancada</b>	<b>Burocrática</b>	<b>Vitalizada, líder fuerte</b>	<b>Vitalizada, en equipo</b>
<b>Valores dominantes</b>	Obediencia.	Tradición.	Reglas y normas.	Colaboración.	Innovación
<b>Fuentes de información</b>	Autoridad.	Internas.	Técnicas.	Líder.	Externa.
<b>Generación de ideas</b>	Escasa, hace lo que le ordenan.	Escasa.	Planificación detallada.	Pocas ideas divergentes.	Muchas ideas divergentes.
<b>Orientación al riesgo</b>	Evita el riesgo.	Temor al fracaso.	Temor al fracaso.	Líder asume riesgos.	No teme al fracaso.
<b>Apertura al cambio</b>	Rechaza el cambio.	Rechaza el cambio.	Se adapta al cambio.	Busca el cambio.	Busca el cambio.

Fuente: Francés, 2006, pp. 171.

En general, la cultura organizacional de la dirección del sistema está definida por los valores y la filosofía de negocios adoptados por los fundadores o líderes actuales, y por las características de los gerentes.

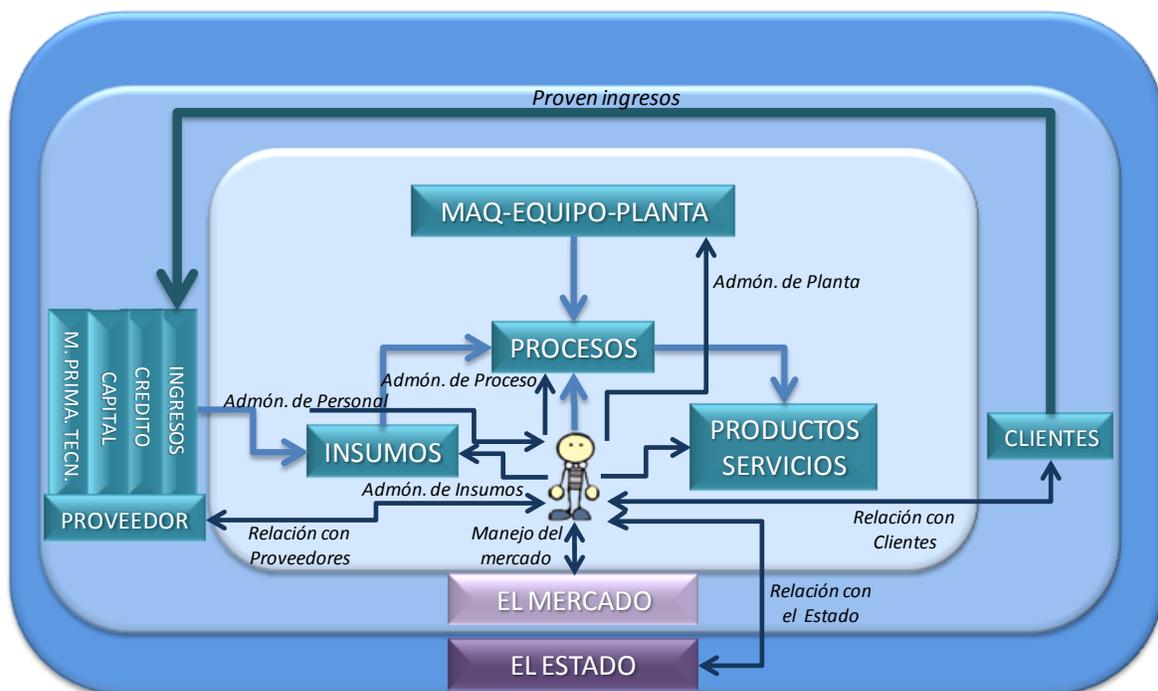
“La cultura organizacional de la fuerza de trabajo está determinada por los rasgos de la cultura nacional y las condiciones del sistema” (Hofstede, 1980).

En adición a los rasgos nacionales, la cultura de la organización estará determinada por el estilo de decisión imperante (vertical o participativo), el sistema de administración de personal y la presencia o ausencia de sindicalización. Los sistemas de reclutamiento y adiestramiento, promoción, reconocimiento y remuneración pueden ser utilizados para modificar la cultura imperante. El comportamiento de la dirección, y su estilo de toma de decisiones, constituye el factor más importante que modela dicha cultura (Frances, 2006).

### 1.3.3.2 Proceso general

Partiendo del hecho de que el fin primordial de todo sistema industrial es satisfacer una o más necesidades específicas de sus clientes mediante los productos y/o servicio que el sistema genera (ver figura 1.3), es el cerebro de la organización quién establece la relación con los proveedores para obtener de ellos los insumos para el sistema, insumos tales como son. la materia prima, la tecnología, el capital de los socios, los recursos financieros de la banca u otro tipo de entidad crediticia, y los ingresos generados por las ventas de productos y/o servicios a los clientes generados por las ventas de productos y/o servicios a los clientes. Los insumos son el alimento que el sistema utilizará y mediante su proceso interno se generan los productos y servicios deseados.

Figura 1.3.- Modelo organizacional



Fuente: Amaya, 2009.

El proceso interno del sistema tiene un flujo que consiste en que con base en los insumos, la maquinaria y equipo instaladas en la planta y mano de obra, siguiendo una secuencia lógica de procedimientos representada por un proceso general, se genera el producto y/o servicio

que dará satisfacción a las necesidades del cliente, quien retroalimentara dicho sistema suministrándole ingresos.

El sistema organizacional está inmerso dentro de otro sistema más grande, el mercado. El mercado, a su vez, hace parte de un sistema más grande; el estado, quien en representación de la sociedad tiene la facultad de crear incentivos y limitaciones al desarrollo de los mercados e influye de manera fuerte en las organizaciones mediante su sistema impositivo legal y tributario (Amaya, 2009).

### **1.3.3.3 Subprocesos**

Así como el proceso general se encuentra inmerso en sistemas más grandes, esté a su vez está conformado por sistemas más pequeños (subprocesos). Estos como todo sistema tienen insumos, productos y residuos, estos últimos se pueden reaprovechar e integrarse a un nuevo ciclo productivo, en este caso, como insumo para un proceso complementario de generación de energía eléctrica para autoabastecer las necesidades de electricidad de propia planta industrial.

### **1.3.2 Análisis externo**

En un mundo de mercados globalizados es importante realizar un análisis externo internacional, por países o por regiones, tanto para las empresas internacionales como para las nacionales. En general en el análisis del entorno global podemos incluir los ámbitos; político, económico, social, tecnológico y ambiental.

#### **1.3.2.1 Marco regulatorio<sup>1</sup>**

El marco legal de nuestro país está representado por la Constitución Mexicana, que en su artículo 27 constitucional enuncia las actividades corresponden exclusivamente a la nación en

---

<sup>1</sup> Esta sección es tomada principalmente de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, publicada en el DOF el 22 de diciembre de 1975, con la última reforma aplicada DOF 22-12-1993.

materia de industria eléctrica. Del carácter de este artículo parten las leyes que regulan al sector eléctrico (Salazar, 2009).

En sustitución de la Ley de la Industria Eléctrica se crea, en diciembre de 1975, la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) que continúa vigente hasta la fecha.

En diciembre de 1992 se decretó una reforma a dicha ley en la que se establecen, las seis modalidades permitidas para generar electricidad por parte de los productores particulares de energía<sup>2</sup>. Las modalidades son:

- a) Autoabastecimiento
- b) Cogeneración
- c) Producción Independiente
- d) Pequeña Producción
- e) Exportación
- f) Importación

La suministradora de energía es un órgano público; la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y las acciones para verificar el cumplimiento de esta ley le corresponden a la Secretaría de Energía (SE).

La SE es el principal actor en verificar el cumplimiento del Reglamento de la LSPEE. La descripción de las modalidades permitidas para producción de electricidad que se destina a la venta a la CFE son las siguientes:

**a) Autoabastecimiento (Artículos 101 y 102)**

Se refiere a la producción de electricidad con plantas generadoras cuyo fin es satisfacer las necesidades de los copropietarios o socios, es decir, para consumo propio. Pueden incluirse más personas al autoabastecimiento siempre que:

---

<sup>2</sup> La explicación de las modalidades de producción de electricidad se tomaron del Reglamento de La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

- Se hayan cedido partes sociales, acciones o participantes con autorización de la Secretaría.
- Se haya previsto en los Planes de Expansión autorizados por la Secretaría
- Por autorización directa de la Secretaría

**b) Producción independiente (Artículos 108 a 110)**

Es la generación de electricidad obtenida de centrales eléctricas con capacidad de generación mayor a 30MW, su destino es la venta exclusiva a la CFE o a la exportación.

Los permisos se otorgan a personas físicas o morales constituidas bajo las leyes mexicanas y con sede en el país. La electricidad destinada a la venta exclusiva a la CFE debe incluirse en los programas de planeación de la misma. Los proyectos de producción independiente son parte de la planeación de la Comisión si su capacidad de generación es congruente con la Prospectiva del Sector Eléctrico correspondiente, que es generada por CFE. También son parte de la planeación los proyectos que sean comparables a otra solución técnica sugerida por la Comisión

**c) Pequeña Producción (Artículos 111 y 115)**

Es la generación de electricidad para venta total a la CFE. La planta eléctrica no debe exceder los 30MW de capacidad de generación y el área será fijada por la SE. También se refiere al Autoabastecimiento de electricidad para zonas rurales o aisladas que no cuenten con el suministro de energía eléctrica, los proyectos no excederán 1MW, o bien, para la exportación que tendrá un límite máximo de 30MW.

Pueden solicitar permisos personas físicas de nacionalidad mexicana y personas morales con sede en el país y que estén conformadas bajo las leyes mexicanas. El permisionario no puede ser titular de proyectos que sumen más de 30MW en una misma área de pequeña producción.

La Secretaría delimitará la zona donde se realizará la pequeña producción, la infraestructura de CFE existente para interconexión al SEN, las propuestas del permisionario para entregar la energía, etc.

En comunidades aisladas o rurales, deben constituirse cooperativas de consumo, asociaciones civiles, copropiedades o convenios de solidaridad para el autoabastecimiento. Se mencionará a quienes se entregará la energía y las condiciones de entrega a consumidores finales.

El permiso se otorga una vez que se haya celebrado el convenio de solidaridad, se avisará a la Secretaría cuando se hayan terminado las instalaciones y empiece operaciones. Se hará un informe anual sobre la operación de la planta de pequeña producción.

**d) Cogeneración (Artículos 103 a 107)**

Se refiere a la producción de energía eléctrica y vapor u otro tipo de energía térmica. Producción de electricidad, directa o indirectamente, por medio de energía térmica no utilizada en los procesos específicos de la planta que se trate. O bien, la producción eléctrica con los combustibles obtenidos en los procesos de la planta.

Para obtener un permiso para generar energía bajo esta modalidad, la electricidad obtenida debe destinarse a cubrir las necesidades de las instalaciones de las personas físicas o morales que puedan, por sus procesos, generar electricidad por cogeneración o bien, sean copropietarios o socios de las instalaciones. Los excedentes de electricidad deben ser puestos a disposición de la CFE.

Además de los permisos de cogeneración debe entregarse un estudio de la instalación, que incluye: descripción general del proceso, diagramas, balances térmicos, requerimientos específicos de combustibles y la disponibilidad de excedentes de energía diaria, mensual y anual, para un día típico (Artículo 105).

**e) Generación de energía eléctrica destinada a la Exportación (Artículos 116 y 119)**

Se podrá generar energía eléctrica para exportación a través de proyectos con cogeneración, producción independiente y pequeña producción. Los solicitantes de estos permisos deben contar con el documento de convenio de compra de energía que se quiere producir o la carta

intención de motivos. Sólo la SE puede permitir que cambie el destino de dicha energía producida para su venta en territorio nacional.

Para aprobar estos permisos, la SE, considerará la situación de abastecimiento de energía en el país y los combustibles a utilizar para la energía de exportación.

#### ***f) Generación de energía eléctrica destinada a la Importación (Artículos 120 y 123)***

Los permisos para importar energía del extranjero se realizarán con el abastecedor de energía y el consumidor, y serán otorgados por la SE. Los permisos que incluyan la opinión de la CFE deben establecer los plazos y condiciones en que le demandará a la comisión el suministro, cuando termine la importación de energía.

Los solicitantes deben contar con sus propias instalaciones para entregar la energía, personal propio, así como las normas y leyes aplicables en México. Excepto cuando la interconexión la realicen por medio del sistema eléctrico nacional.

El reglamento de la LSPEE establece todos los requisitos que se deben cumplir en la adición de capacidad al parque de generación, las cualidades de los proyectos considerados en el documento de Prospectiva. Es importante destacar a los principales actores en el cumplimiento de estas acciones: la Secretaria de Energía como ente regulador y los participantes: La Comisión Federal de Electricidad y los productores particulares de energía en sus distintas modalidades.

#### ***1.3.2.2 Aspectos sociales***

Los aspectos sociales del exterior afectan directamente mi sistema, el crecimiento demográfico, la brecha socioeconómica, la brecha educativa, de salud, migración, desarrollo cultural, igualdad de géneros, inclinación religiosa, etc. Pueden llegar a perturbar mi sistema o la toma de decisiones, sobre la construcción de mi planta industrial, el crecimiento demográfico puede llegar a interferir por la cercanía de una industria con alguna zona

residencial o no exista el espacio suficiente para construir o el problema de migración me impide tener mano de obra cerca de las instalaciones.

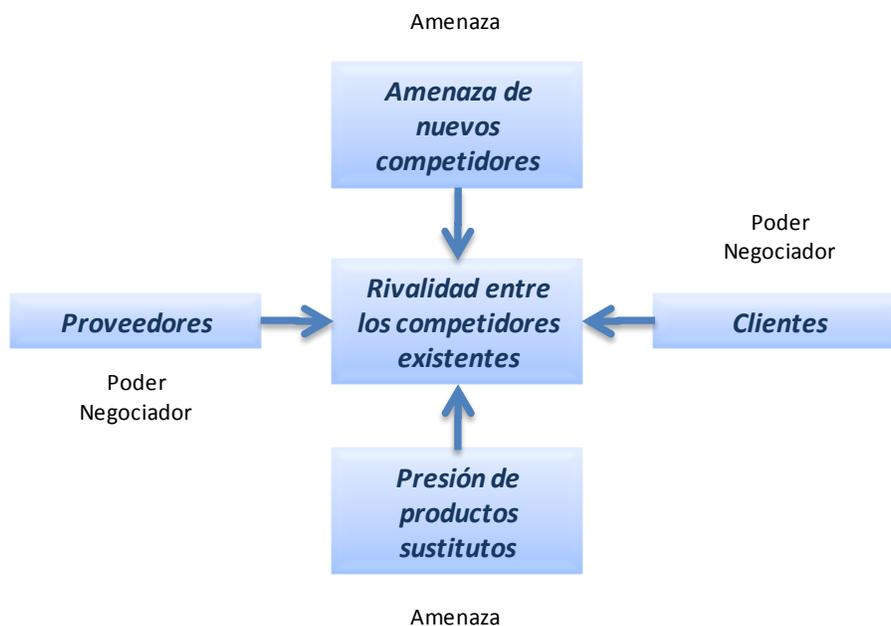
La falta de conocimiento y cultura por parte de algunos habitantes pueden llegar a impedir la construcción de mi planta.

### **1.3.2.3 Barreras tecnológicas**

Conocer el mercado internacional nos permite saber el tipo de tecnologías que son utilizadas para el giro nuestra de industria, si la tecnología a utilizar es un elemento que diferencia el negocio de nuestra industria, si es uno de los objetivos de la compañía contar con tecnología de punta, si la tecnología a implementar está diseñada para las condiciones geográficas del lugar, y si contamos con proveedores de refacciones.

### **1.3.3 Modelo de Porter**

Para realizar un proceso de planeación estratégica, en la decisión de cuál debes ser la mejor opción de suministro de electricidad para la planta industrial que este en el proceso de toma de decisión, será necesario determinar la rentabilidad del mercado a largo plazo. Para, poder obtener una “fotografía”, del momento preciso en que se encuentra la empresa que desea tomar la decisión de cuál es la forma más conveniente de satisfacer sus requerimientos de electricidad, he decido que aunque hay más de una herramientas para lograr esto, propongo que se analice con el modelo de las cinco fuerzas de Porter (figura 1.4); ya que este nos ayudará a tener un panorama de partida y con base en este proponer los tres posibles escenarios que nos permite la legislación nacional vigente mientras se desarrolló este trabajo.

**Figura 1.4.- Las cinco fuerzas de Porter**

Fuente: Porter, M., 1980, pp. 6–29

A continuación se describen los factores que rodean a la organización, que influyen y son considerados importantes en el desarrollo de la misma.

### **1.3.3.1 Rivalidad entre los competidores existentes**

La dificultad de competencia en un mercado dependerá directamente del número de competidores que existan dentro de éste y de la posición que goce, al igual que la influencia que genera los costos del sector.

### **1.3.3.2 Amenaza de nuevos competidores**

Dependiendo de las posibilidades que se tengan de entrar en el mercado, es cuán atractivo resulta para los nuevos pretendientes de dicho mercado. La fuerza de las barreras que se impongan influirá en la afluencia de entrada de futuros competidores.

### **1.3.3.3 Clientes**

Cuando los compradores se encuentran bien organizados o el producto no está bien diferenciado, el mercado será menos atractivo. Los consumidores ejercerán presión para la reducción de precios, mayor calidad y servicio, provocando una disminución en el margen de utilidad.

### **1.3.3.4 Presión de productos sustitutos**

Cuando existan productos sustitutos se hará menos atractivo el mercado ya que se puede incurrir en guerras de precios o en el hecho de que un sustituto se desarrolle mejor en materia tecnológica.

### **1.3.3.5 Proveedores**

El lugar que ocupan los proveedores es vital para el desenvolvimiento de la organización, ya que puede llegar a ser un factor para alcanzar o no las metas debido a la fuerza e influencia que generan dentro de la cadena de suministro.

## **1.3.4 Matriz FODA**

Una de las herramientas más utilizadas para la planeación de estrategias es la matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) (Weilhrich, 1982), la cual presenta las oportunidades y amenazas del exterior y las fortalezas y debilidades del interior del sistema. Aunque, desafortunadamente es una de las menos entendidas y peor aplicadas; debido a que no, su aplicación se queda en fase estática del sistema, sin considerar la dinámica propia del sistema como parte de las actividades humanas. En este trabajo decidí utilizarla como herramienta base, para que a partir del conocimiento del sistema y sus interrelaciones con su entorno, se puedan plantear los escenarios futuros correspondientes a las tres alternativas perfectamente delimitadas por el marco legal.

La matriz FODA se puede emplear para establecer una tipología de estrategias. Las oportunidades que se aprovechan con las fortalezas originan *estrategias ofensivas*. Las que se deben afrontar teniendo debilidades generan *estrategias adaptativas*. Las amenazas que se enfrentan con fortalezas originan *estrategias reactivas*, mientras que con debilidades generan *estrategias defensivas* (ver figura 1.4) (Francés, 2006).

**Figura 1.5.- Matriz FODA y estrategia**

	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
FORTALEZAS	<i>Estrategias ofensivas</i>	<i>Estrategias reactivas</i>
DEBILIDADES	<i>Estrategias adaptativas</i>	<i>Estrategias defensivas</i>

Fuente: Francés, 2006.

En el análisis FODA deben incluirse factores claves relacionados con la industria, los mercados, la competencia, los recursos financieros, la infraestructura, el recurso humano, los inventarios, el sistema de mercadeo y distribución, la investigación y desarrollo, las tendencias políticas, sociales, económicas y tecnológicas viables de competitividad (Serna, 2002, pp. 158).

La matriz FODA es una herramienta básica, de gran utilidad en el análisis estratégico. Permite resumir los resultados del análisis interno y externo, y sirve como base para la formulación de la estrategia.

Al elaborar este cuadro de trabajo no debe dejarse fuera del análisis ningún elemento clave.

**Fortalezas:** Actividades y atributos internos de un sistema que contribuyen y apoyan el logro de los objetivos de una institución.

**Debilidades:** Actividades o atributos internos de un sistema que inhiben o dificultan el éxito de una institución.

**Oportunidades:** Eventos, hechos o tendencias en el exterior de un sistema que podrían facilitar o beneficiar el desarrollo de esta, si son aprovechadas de forma oportuna y adecuada.

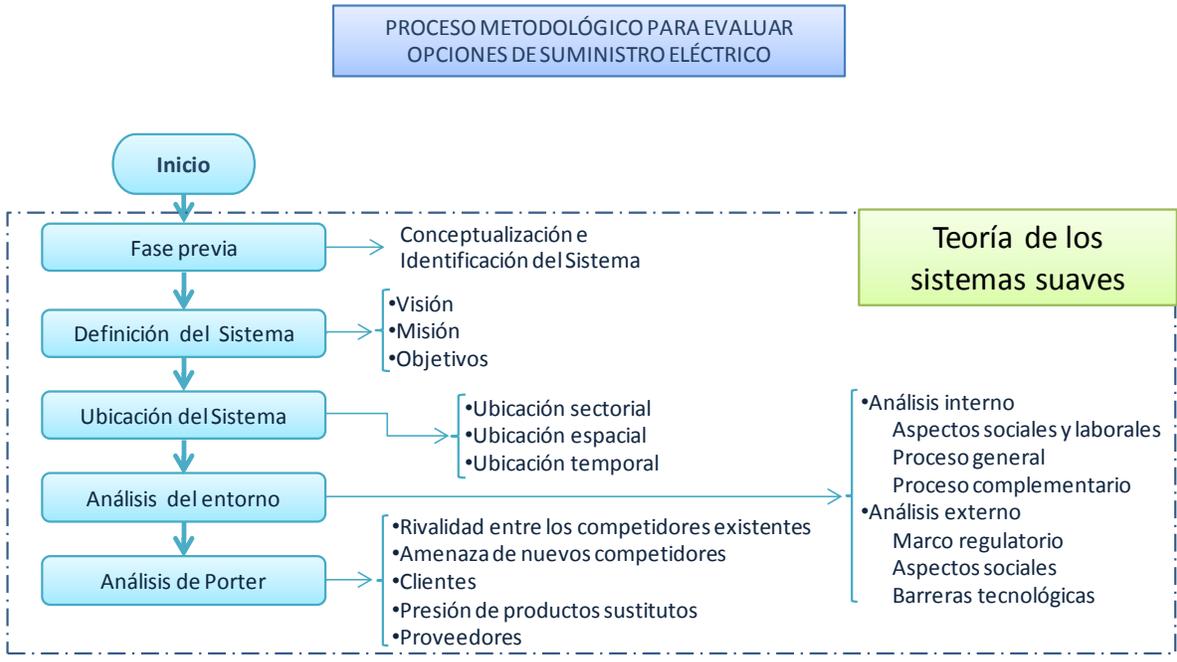
**Amenazas:** Son eventos, hechos o tendencias en el entorno del sistema que inhiben, limitan o dificultan su desarrollo operativo.

**Conclusiones.**

En este capítulo se presentó el desarrollo de la primer parte de la estructura del procedimiento metodológico (objetivo general de esta tesis); en la cual se presentó como marco teórico de referencia a los sistemas suaves (ver figura 1.6).

Reitero que el presente trabajo corresponde a un procedimiento metodológico, que parte de la base de herramientas específicas, no así únicas. Como mencioné en la introducción general, cada proyecto es único e irrepetible y no solo lo es por sus características propias (técnicas y tecnológicas), también lo es por el espacio en el que se encuentra inmerso y por la situación económica, política, ambiental y social que le toca experimentar. Por lo anterior, cada lector puede proponer su propio procedimiento sustentado en metodologías y herramientas distintas a las que aquí se presentan.

**Figura 1.6.- Primera parte del proceso metodológico**



Fuente: el autor.

La definición del sistema organizacional o empresarial, el giro o negocio, así como las características externas e internas del que nace el proyecto industrial es de suma importancia

para la selección de las tecnologías y procesos a implementar, porque la evaluación no sólo debe técnica-económica; sino, que debe considerar la integración de los procesos, que se pueden desprender de la decisión, a los procesos principales de la planta, así, como de la operación y mantenimiento de los mismos.

La ubicación de planta industrial, para la cual se aplique el procedimiento de evaluación de la mejor alternativa de abasto de electricidad no solo debe cubrir requerimientos para la empresa con sus procesos principales; sino, se deben considerar los requerimientos de las tres opciones de suministro de energía y sus posibles afectaciones para los habitantes de los alrededores y para su estilo de vida.

Una vez teniendo conocimiento de entorno, identificando que tipo de planta necesitamos de acuerdo a la definición integral de nuestro sistema, estamos en condiciones para establecer estrategias y plantear escenarios para evaluar nuestras opciones de suministro eléctrico de acuerdo a los requerimientos de nuestro sistema y nuestras estrategias.

En el capítulo siguiente se describe la segunda fase del procedimiento propuesto, en el que se parte de la base teórica de herramientas de planeación estratégica y prospectiva, con uso de la técnica de escenarios futuros. Es decir, se realiza una descripción de los tres distintos escenarios con los cuales cuenta una planta industrial para suministrarle energía eléctrica de acuerdo al marco regulatorio nacional vigente.

Esta página se dejó en blanco intencionalmente

# *Capítulo 2*

DETERMINACIÓN DE ESCENARIOS

Esta página se dejó en blanco intencionalmente

## **2. Determinación de escenarios**

### **Introducción.**

En la primera parte de nuestra metodología propuesta (capítulo 1), se estudió la teoría de sistemas, pues desde el inicio podemos comenzar con la evaluación de si la empresa industrial, que utilice el procedimiento presentado en este trabajo, está preparada para emprender una evaluación de electricidad.

El problema de tomar una decisión con respecto a la mejor opción de suministro no radica en la mejor decisión técnica u económica, sino en un verdadero estudio de planeación que incluya ambos aspectos; pero, sin dejar de lado la planeación estrategia de la empresa, es decir, si dentro de las planes de crecimiento, de posicionamiento o de supervivencia, existe la posibilidad de instalar equipos para generación de energía eléctrica para consumo propio.

La planeación representa búsqueda creativa, organizada, sistemática, sistémica y comprometida de incidir sobre el futuro. Planear implica formular escenarios y determinar objetivos y metas, estrategias y prioridades, asignar recursos, responsabilidades y tiempos de ejecución, coordinar esfuerzos, evaluar etapas, resultados, y asegurar el control de los procesos.

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, en México la regulación existente permite tres modalidades para el suministro eléctrico, que son; contratar los servicios de la compañía suministradora (CFE), construir su propia planta de generación o comprar la energía de un privado mediante una sociedad comercial. Lo cual indica que nuestra empresa industrial cuenta con tres escenarios para cubrir sus necesidades de electricidad, para ello debe conocer cada una de ellas.

La primera parte de este capítulo describe brevemente la importancia en la planeación en general dentro de un proyecto, la determinación de escenarios y la elaboración de

prospectivas, así como el establecimiento de metas, que para el caso de nuestra metodología nuestros tres escenarios deben tener la misma meta en común.

La segunda parte describe las partes que conforman el diagnóstico del consumo eléctrico, esto en base los parámetros establecidos en la facturación de CFE.

Y en la tercera parte se describen los tres escenarios propuestos para suministrar energía eléctrica a una planta industrial que son permitidos por las leyes mexicanas, así como las generalidades de cada uno de estos.

## **2.1. Determinación de escenarios y prospectiva**

*Después de cursar la maestría, he conceptualizado a la planeación como un proceso de reflexión sobre qué hacer para pasar de un presente conocido a un futuro deseado. Caracterizándose por el deseo de orientar el curso de acción que ha de adoptarse con el fin de alcanzar el objetivo.*

La planeación se encuentra destinada a adecuar y racionalizar el proceso de toma de decisiones. La planeación conforma e integra diversas visiones, escenarios y etapas, dentro de un proceso que consta de pasos sucesivos e interrelacionados, producto de la racionalidad y de la conjugación de elementos creativos para responder a condiciones peculiares.

Como instrumento, la planeación se convierte en un factor gradual de cambio que debe crear condiciones para afectar el presente y comprometer el futuro (Miklos, 1993).

### **2.1.1. Metas - ¿qué se quiere lograr?**

Para una empresa industrial, su principal negocio es satisfacer las necesidades del cliente es a partir de la elaboración de productos. Dichos productos tienen que fabricarse con el más elevado índice de calidad y a costos competitivos.

Uno de los principales objetivos de una industria es tener costos reducidos en los insumos para la elaboración de sus productos, para poder ofrecer un mejor precio a los consumidores.

Para el caso en concreto el alcance de nuestra metodología, la META en común o ¿qué se quiere lograr?, evaluar cuál de los tres escenarios es nuestra mejor opción de suministro eléctrico, esto es, no solo reducir costos en este rubro, también evaluar que tan viable es para la empresa incluir una unidad de generación e integrarla a su proceso sin alterar sus actividades y sin desviar la atención de su actividad principal a la de generación eléctrica.

### **2.1.2. Determinación de estrategias**

Para poder determinar nuestras estrategias primero debemos definir que es una estrategia, para lo cual tenemos de referencia las definiciones de algunos autores;

“Una estrategia es un plan, patrón, posición y perspectiva. Las estrategias pueden desarrollarse en una organización sin que alguien conscientemente, se lo proponga o lo proponga, es decir, sin que sean formuladas”. (Mintzberg y Quinn, 1997, p.4)

“Es una serie de actos que ejecuta una empresa, los cuales son seleccionados de acuerdo con una situación concreta”. (Von Neumann, Morgensten, 1990, p. 79).

“La estrategia es un conjunto de compromisos y actos integrados y coordinados cuyo objetivo es explotar las competencias centrales y conseguir una ventaja competitiva”. (Hitt, Ireland, Hoskisson, 2004, p.9)

*Partiendo de la aplicación de los conceptos presentado en las definiciones de estrategia anteriores, concluyo que una estrategia es el camino que enlaza la situación actual a un escenario deseado.*

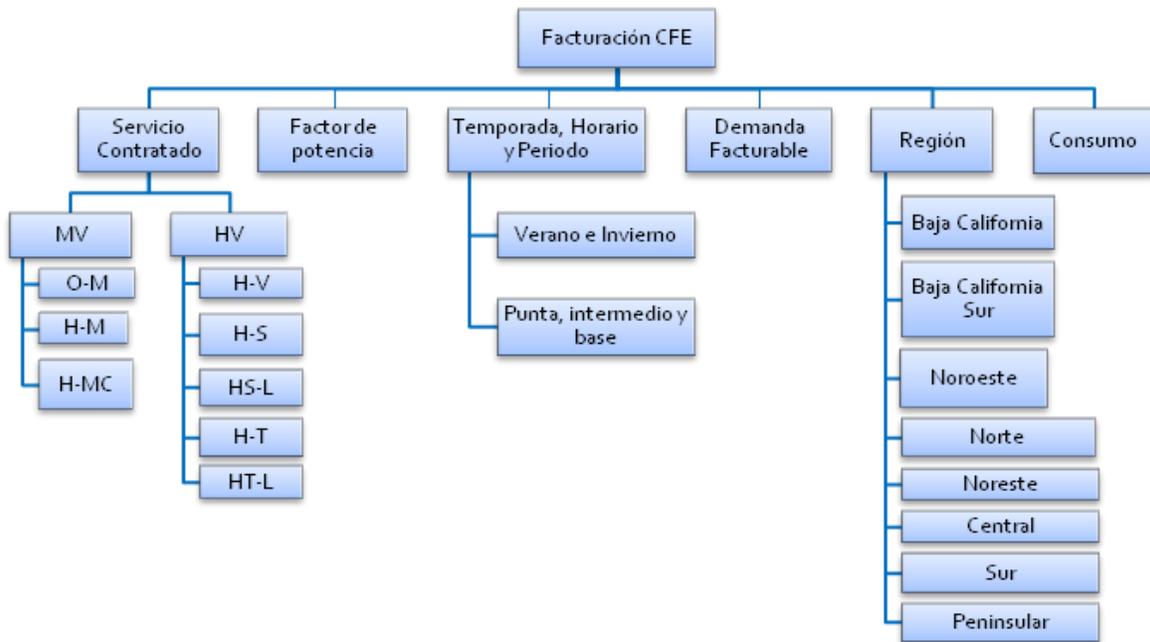
Las estrategias planteadas deben de ser coherentes con la visión, misión y objetivos de mi empresa o industria y diseñadas en base a mi análisis externo e interno.

Como tal podemos decir que nuestra estrategia es realizar una evaluación de nuestras tres opciones de suministro eléctrico y decidir cuál de las tres es la mejor opción de nuestra industria para cubrir sus requerimientos de energía eléctrica. En donde de acuerdo a Mintzberg y Quinn, partimos de una situación en el estado actual de la industria que desea evaluar sus opciones de abasto de electricidad, siendo esta una situación concreta “la evaluación de la mejor opción”, de acuerdo a Von Neumann. Pero para lograr el estado deseado se deben aplicar actos integrados y coordinados de acuerdo a Ireland.

## 2.2. Diagnóstico de consumo eléctrico<sup>1</sup>

La facturación de la energía eléctrica suministrada por CFE no se encuentra basada solo en el consumo pues toma en cuenta varios parámetros ver figura 2.1.

**Figura 2.1.- Parámetros que cobra CFE para el suministro de energía**



Fuente: El autor a partir de [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)

### 2.2.1 Demanda contratada

La demanda contratada la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90%.

<sup>1</sup> Este apartado fue realizado a partir de; <http://www.cfe.gob.mx/negocio/Paginas/Negocio.aspx>

### 2.2.2 Servicio contratado

Para uso general la CFE tienen las siguientes tarifas de energía eléctrica, las cuales se determinan tomando en cuenta la necesidad de energía y el voltaje de suministro que una industria requiere.

- *Media Tensión (MV):*

*O-M* - Esta tarifa se aplica a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda menor a 100 kW.

*H-M* - Esta tarifa se aplica a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más.

*H-MC* - Esta tarifa se aplica a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión en las regiones Baja California y Noroeste, con una demanda de 100 kilowatts o más, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

- *Alta Tensión (HV):*

*HS* - Esta tarifa se aplica a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

*HS-L* - Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, para larga utilización, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

*HT* - Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel transmisión, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

*HT-L* - Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel transmisión, para larga duración, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

### 2.2.3 Región

Para establecer la tarifa de energía eléctrica, el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) se encuentra dividido en 8 regiones.

- Región Baja California
- Región Baja California Sur
- Región Noroeste
- Región Norte
- Región Noreste
- Región Central
- Región Sur
- Región Peninsular

### 2.2.4 Temporada, Horario y Periodo

#### *Periodos de punta, semipunta, intermedio y base*

Estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año, como se describe a continuación.

#### *Región Baja California*

- Del 1º de mayo al sábado anterior al último domingo de octubre)

Día de la semana	Base	Intermedio	Semipunta	Punta
<i>lunes a viernes</i>		00:00 - 13:00 23:00 - 24:00	17:00 - 23:00	13:00 - 17:00
<i>sábado</i>		00:00 - 24:00		
<i>domingo y festivo</i>		00:00 - 24:00		

- Del último domingo de octubre al 30 de abril

Día de la semana	<i>Base</i>	<i>Intermedio</i>	<i>Punta</i>
<b><i>lunes a viernes</i></b>	00:00 - 17:00 22:00 - 24:00	17:00 - 22:00	
<b><i>Sábado</i></b>	00:00 - 18:00 21:00 - 24:00	18:00 - 21:00	
<b><i>domingo y festivo</i></b>	00:00 - 24:00		

*Región Baja Región Baja California Sur*

- Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre

Día de la semana	<i>Base</i>	<i>Intermedio</i>	<i>Punta</i>
<b><i>lunes a viernes</i></b>		00:00 - 12:30 22:30 - 24:00	12:30 - 22:30
<b><i>Sábado</i></b>		00:00 - 19:30 22:30 - 24:00	19:30 - 22:30
<b><i>domingo y festivo</i></b>		00:00 - 24:00	

- Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril

Día de la semana	<i>Base</i>	<i>Intermedio</i>	<i>Punta</i>
<b><i>lunes a viernes</i></b>	00:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00	
<b><i>Sábado</i></b>	00:00 - 18:00 21:00 - 24:00	18:00 - 21:00	
<b><i>domingo y festivo</i></b>	00:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00	

*Regiones Central, Noreste, Noroeste, Norte, Peninsular y Sur*

- Del 1º de febrero al sábado anterior al primer domingo de abril

Día de la semana	<i>Base</i>	<i>Intermedio</i>	<i>Punta</i>
<b><i>lunes a viernes</i></b>	00:00 - 06:00	06:00 - 19:30 22:30 - 24:00	19:30 - 22:30
<b><i>sábado</i></b>	00:00 - 07:00	07:00 - 24:00	
<b><i>domingo y festivo</i></b>	00:00 - 19:00 23:00 - 24:00	19:00 - 23:00	

- Del primer domingo de abril al 31 de julio

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
<i><b>lunes a viernes</b></i>	01:00 - 06:00	00:00 - 01:00 06:00 - 20:30 22:30 - 24:00	20:30 - 22:30
<i><b>sábado</b></i>	01:00 - 07:00	00:00 - 01:00 07:00 - 24:00	
<i><b>domingo y festivo</b></i>	00:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

- Del 1º de agosto al sábado anterior al último domingo de octubre

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
<i><b>lunes a viernes</b></i>	00:00 - 06:00	06:00 - 19:30 22:30 - 24:00	19:30 - 22:30
<i><b>sábado</b></i>	00:00 - 07:00	07:00 - 24:00	
<i><b>domingo y festivo</b></i>	00:00 - 19:00 23:00 - 24:00	19:00 - 23:00	

- Del último domingo de octubre al 31 de enero

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
<i><b>lunes a viernes</b></i>	00:00 - 06:00	06:00 - 18:30 22:30 - 24:00	18:30 - 22:30
<i><b>sábado</b></i>	00:00 - 08:00	08:00 - 19:30 21:30 - 24:00	19:30 - 21:30
<i><b>domingo y festivo</b></i>	00:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

La energía consumida en los periodos base es la más barata, la energía consumida en el periodo intermedio tienen un precio medio y en el periodo de punta el precio de la energía consumida es mucho más cara.

Cuando una industria quiere tener un ahorro en su facturación eléctrica, lo primero que debe hacer es reducir el consumo eléctrico dentro de estos periodos, pues la tarifa horaria presenta costos unitarios bastante elevados con respecto a la tarifa del horario base. Esto lo puede hacer de diferentes formas, una de ellas es realizar un corrimiento de carga de horario punta a otros horarios (“Load shifting”) o se puede generar energía en horario punta por medio de un permiso de autoabastecimiento.

### 2.2.5 Demanda facturable

Las tarifas industriales incluyen un cargo por energía (energía o consumo en kWh) y un cargo por la demanda máxima (demanda en kW).

El medidor acumula la energía base consumida durante el horario base, energía intermedia durante horario intermedio y en horario punta acumula energía punta consumida. Para determinar el importe en pesos de cada una de las energías se multiplican los consumos horarios en kWh por los importes unitarios correspondientes.

Los medidores que CFE emplea en estas tarifas horarias además de acumular las energías horarias registran las demandas máximas, así como el día y la hora en que ocurre la demanda máxima de cada horario. De manera tal que, al finalizar el período de facturación el medidor reporta las siguientes demandas horarias:

- Demanda máxima medida en el periodo de base, DB
- Demanda máxima medida en el periodo de intermedia, DI,
- Demanda máxima medida en el periodo de punta, DP

La demanda facturable se calcula como se establece a continuación:

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

Donde:

DPI es la demanda máxima medida en los periodos de punta e intermedio

FRI y FRB son factores de reducción que tendrán distintos valores, dependiendo de la región tarifaria<sup>2</sup>

En las fórmulas que definen las demandas facturables, el símbolo "máx" significa máximo, es decir, que cuando la diferencia de demandas entre paréntesis sea negativa, ésta tomará el valor cero.

---

<sup>2</sup> Para conocer los factores de reducción vigentes visite la página;  
<http://www.cfe.gob.mx/negocio/conocetarifa/Paginas/Tarifas.aspx>

### 2.2.6 Factor de potencia

El usuario debe procurar mantener un factor de potencia (FP) tan aproximado a 100% (cien por ciento) como le sea posible, pero en el caso de que su factor de potencia durante cualquier periodo de facturación tenga un promedio menor de 90% atrasado, determinado por los métodos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes, el suministrador tendrá derecho a cobrar al usuario la cantidad que resulte de aplicar al monto de la facturación el porcentaje de recargo que se determine según la fórmula a). En el caso de que el factor de potencia tenga un valor igual o superior de 90% (noventa por ciento), el suministrador tendrá la obligación de bonificar al usuario la cantidad que resulte de aplicar a la factura el porcentaje de bonificación según la fórmula b).

**a) Fórmula de Recargo, FP menor que 90%:**

$$\% \text{ Recargo} = 3/5 \times ((90 / FP) - 1) \times 100$$

**b) Fórmula de Bonificación, FP mayor o igual a 90%:**

$$\% \text{ Bonificación} = 1/4 \times (1 - (90 / FP)) \times 100$$

Donde *FP* es el Factor de Potencia expresado en por ciento.

### 2.3. Determinación de escenarios

“La planeación a largo plazo no es pensar en decisiones futuras, sino en el futuro de las decisiones presentes” *Peter Drucker* (Carrión, 2006, p. 38).

Planificar por escenarios consiste en intentar prever el futuro a partir de tendencias y situaciones presentes. Un escenario es una descripción de las circunstancias, condiciones o acontecimientos que pueden representar la situación del entorno en un momento futuro del tiempo (Navas, 2002).

Como ya se explicó en el capítulo 1 en México la ley permite a una empresa abastecer sus requerimientos eléctricos bajo tres modalidades básicas. Con base en lo anterior, podemos definir a los tres escenarios posibles, como la visión a futuro de la planta industrial una vez que ha implementado una de las tres posibles alternativas, que se enlistan a continuación:

- I. Contratar los servicios de una compañía suministradora (CFE)
- II. Solicitar permiso de autoabastecimiento como sociedad de autoabastecimiento.
- III. Solicitar permiso de autoabastecimiento como copropietario de una planta generadora.

Siendo estas dos últimas descritas mejor en el Art. 36, fr. I, de la LSPEE.

Debido a que la ley nos restringe en este aspecto, partiremos de este hecho y plantearemos nuestros escenarios de planeación bajo estas tres modalidades.

### **2.3.1 Contrato con la compañía suministradora<sup>3</sup>**

Para solicitar el servicio de suministro a través de los servicios de CFE;

- i. Se debe realizar una solicitud de factibilidad que servirá para analizar la posibilidad de suministrar el servicio con la red actual. Quien emitirá Oficio Resolutivo donde se notificará la solución técnica más económica del proyecto de obra que se requiera, ya sea de ampliación, modificación u obra específica y el importe a pagar por concepto de aportación de las obras necesarias a ejecutar, de acuerdo con lo dispuesto por el Reglamento de la LSPEE en Materia de Aportaciones. Una vez liquidado el pago total, CFE efectuará los trabajos que permitan la prestación del servicio.
- ii. Contar con la instalación de la subestación adecuada a sus necesidades.
- iii. Dentro del inmueble, construir las obras necesarias para recibir la acometida y para la instalación del equipo de medición.

---

<sup>3</sup> Este apartado fue redactado a partir de <http://www.cfe.gob.mx/es/InformacionAlCliente>

- iv. Tramitar el certificado de autorización que acredite que las instalaciones eléctricas cumplen con las Normas Oficiales Mexicanas, que expide una unidad de verificación acreditada ante la Secretaría de Energía.

Esta unidad de verificación realizara una constatación ocular o comprobación mediante muestreo, medición, pruebas de laboratorio, o examen de documentos que se realizan para evaluar la conformidad en un momento determinado con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005 "Instalaciones Eléctricas (utilización)"

- v. Si quien va a contratar es una persona moral, debe contar con el Acta Constitutiva de la empresa y la acreditación de quien tenga poder para firmar el contrato, previsto en el artículo tercero del Acuerdo por el que se dan a conocer los trámites inscritos en el Registro Federal de Trámites Empresariales.

#### **2.3.1.1 Tensión de operación<sup>4</sup>**

Se considera que:

- a) Baja tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión menores o iguales a 1 [KV].
- b) Media tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 1 [KV], pero menores o iguales a 35 [KV].
- c) Alta tensión a nivel subtransmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 35 [KV], pero menores a 220 [KV].
- d) Alta tensión a nivel transmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión iguales o mayores a 220 [KV].

En los casos en que el suministrador tenga disponibles dos o más tensiones que puedan ser utilizadas para suministrar el servicio, y éstas originen la aplicación de tarifas diferentes, el

---

<sup>4</sup> Este apartado está redactado a partir de;  
<http://www.cfe.gob.mx/es/InformacionAlCliente/conocetutarifa/disposicionescomplementarias>

suministrador proporcionará al usuario los datos necesarios para que éste decida la tensión en la que contratará el servicio.

Los servicios que se alimenten de una red automática se contratarán a la tensión de suministro disponible en la red, y de acuerdo a la tarifa correspondiente a esa tensión.

### ***2.3.1.2 Confiabilidad y flexibilidad del sistema***

De acuerdo al tipo de producción y a la operación del sistema se debe definir qué tan confiable y flexible debe ser el suministro de energía eléctrica; es decir el impacto en la salud y seguridad humana; así como en las posibles afectaciones en lo material o económico que se tendría en caso de existir una interrupción en el suministro en la planta industrial en cuestión. Por ejemplo los requerimientos en la industria química deben ser especialmente confiables, debido a que los procesos son tardados y no se puede permitir la interrupción durante sus operaciones; ya que, el producto sería totalmente diferente al esperado.

Como consecuencia del análisis de confiabilidad y flexibilidad de tu sistema se define el número de acometidas que deben ser solicitadas a la compañía suministradora de electricidad. Es directamente proporcional el número de interconexiones con el suministrador a la necesidad de asegurar una ininterrupción del suministro cuando sucede un evento inesperado de falla o por mantenimiento de los equipos que forman parte del sistema de alimentación.

### 2.3.2 Autoabastecimiento: planta propia

El artículo 72 de la LSPEE enuncia que los particulares podrán generar energía eléctrica para su consumo bajo las modalidades de autoabastecimiento, cogeneración<sup>5</sup> y pequeña producción, que son sujetas a permiso previo por parte de la Secretaría de Energía (art. 77) cuya duración es por tiempo indefinido (art. 78), a menos que no exceda los 0.5 MW, de ser inferior a esta capacidad no se requerirá permiso por parte de la Secretaría de Energía (art. 89).

Para la obtención y aprovechamiento de un permiso de cogeneración (Art. 104), será indispensable que la electricidad generada se destine a la satisfacción de las necesidades de establecimientos asociados a la cogeneración, entendidos por tales, los de las personas físicas o morales que utilizan o producen el vapor, la energía térmica o los combustibles que dan lugar a los procesos base de la cogeneración y el permisionario se obligue a poner sus excedentes de energía eléctrica a disposición de la CFE.

Con las solicitudes de permisos de cogeneración, deberá acompañarse, además de los documentos a que se refiere el Artículo 83, un estudio de la instalación (Artículo 105), incluyendo como mínimo:

- i. La descripción general del proceso;
- ii. Los diagramas del proceso, balances térmicos y requerimientos específicos de combustibles;
- iii. La disponibilidad de excedentes de potencia y energía eléctrica esperada, por día típico, formulada en forma mensual y anual.

---

<sup>5</sup> De acuerdo con lo dispuesto en el Artículo 36, fracción II, de la LSPEE, se entiende por cogeneración:

- 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 los procesos de que se trate, o
- III. La producción directa o indirecta de energía eléctrica utilizando combustibles producidos en los procesos de que se trate.

### **2.3.2.1 Procesos complementarios a la planta**

Toda planta industrial tiene un proceso principal que es el motivo de ser de dicha planta; es decir, en una empresa panadera el proceso principal es la elaboración de productos alimenticios. Sin embargo, para que se obtenga el producto deseado es indispensable realizar procesos intermedios como el mezclar, hornear, distribuir empaquetar, etc. De algunos o tal vez sólo uno se puede acoplar el proceso de generación de energía eléctrica, de tal forma que el impacto en la instalación y operación sea mínimo.

### **2.3.2.2 Tecnologías de generación**

Si bien existen muchas tecnologías que pueden considerarse para generación eléctrica, en este apartado sólo se abordarán los motores de combustión interna, las turbinas de gas y las unidades eólicas por ser las más populares para autoabastecimiento.

- *Motor de combustión interna*

Es la tecnología más desarrollada, pues los fabricantes han buscado incrementar la capacidad instalada de estas máquinas, con utilización de mayor variedad de combustibles, mejorando sus eficiencias y reduciendo sus emisiones.

Son modulares, se pueden obtener bloques de potencia de diferentes tamaños (Hasta 5 MW), puede llevarse rápidamente a una condición operacional porque el equipo auxiliar que necesita es mínimo, lo que permite reducir los costos de inversión y el tiempo de espera para su diseño y fabricación. Pueden arrancar rápidamente, seguir la carga con eficiencia razonable y ofrecer alta confiabilidad, mantenerse en reserva o como plantas de emergencia, para servicio en pico y en aplicaciones de cogeneración, usarse temporalmente, y estacionariamente para cubrir requerimientos de demanda pico en subestaciones equipadas con conexiones de energía ininterrumpible.

Los dos tipos básicos de motores de combustión interna son los motores de ignición por compresión (IC) y los motores de ignición por chispa (spark - ignition [SI]). Históricamente, los

motores IC a base de diesel han sido los más utilizados, tanto para pequeñas como para grandes aplicaciones de generación. Estas máquinas son las más eficientes unidades móviles de que se dispone.

Los motores de combustión interna también incluyen máquinas de combustible dual (CD), las cuales son capaces de operar a 100% con diesel o con gas natural. Esto es particularmente importante donde hay riesgo de interrupciones en el abasto de gas natural, o de aumentos estacionales en el precio del mismo.

En las últimas dos décadas, el mercado mundial se ha enfocado hacia las unidades de SI con quemado de gas natural, de hasta 6MW. Muchos de estos motores son máquinas diesel modificadas (también conocidas como máquinas diesel derivadas) que operan con bajas relaciones de compresión, lo que permite prevenir la autoignición y el golpeteo del motor. Debido a los efectos de derrateo de capacidad por una baja relación de compresión y por la aspiración de gas, estas máquinas tienen sólo de 60 a 80% de la potencia de sus predecesores diesel.

En contraste con otros tipos de unidades generadoras, los motores de combustión interna exhiben una economía de escala inversa (el costo, en \$/kW, se incrementa con el tamaño). Este aumento se debe a la reducción de velocidad del cigüeñal (decremento en la salida de energía por unidad de desplazamiento del cilindro) y a un incremento en la masa de la máquina.

Los motores de combustión interna se clasifican como de alta velocidad (1,200 ó 3,600 rpm), media velocidad (entre 275 y 1,000 rpm) y baja velocidad (entre 58 y 275 rpm). Las unidades de alta velocidad, que se derivan de unidades automotrices o de camiones, generan la mayor salida por unidad de desplazamiento y tienen los más bajos costos de inversión, pero también las eficiencias más bajas. Los de velocidad media se derivan de los utilizados en locomotoras y motores marinos pequeños; tienen costos de inversión altos, pero también altas eficiencias. Las unidades de baja velocidad se derivan de motores de grandes barcos y se diseñan para quemar combustibles de baja calidad y son prácticos sólo si hay una gran diferencia en los

precios del combustóleo y del gas natural, así como donde no existen restricciones ambientales.

**Figura 2.2 Motor de combustión interna**



Fuente:

<http://www.selmec.com.mx/ES/Productos/plantaselectricas/Paginas/Funcionamientoplantaselectricas.aspx>

#### *Área requerida y configuraciones de planta*

Las configuraciones de planta se clasifican como permanentes (construcción en sitio), modulares, montadas en barcaza y transportables por carretera. Un ejemplo de construcción en sitio es una central generadora de 6 unidades de 4.1 MW cada una.

Esta planta tiene una construcción de 12.5 m de alto por 22 m de ancho y 59 m de largo. Por ejemplo, una central con MCI de 110 MW de capacidad, se puede configurar en forma modular, asociando 20 unidades a gas de 5.7 MW.

Algunos fabricantes han desarrollado unidades modulares a gas, que contienen el motor, los sistemas de control, cubiertas de ventilación de aire y ductos de conexión para los gases de escape. Estos módulos miden 4 m de alto por 3.7 m de ancho y 12 m de largo. El mismo tamaño de módulo es usado por motores de 1.8 a 3.5 MW. El módulo contiene el silenciador (atenuador de ruido) y puede ser transportado por camión o vía marítima. Para traslado terrestre, el sistema de escape y las cubiertas de ventilación no son montados en la fábrica, pero son fácilmente colocables en el sitio de la planta. Varios fabricantes han introducido al

mercado motores de combustión interna encapsulados y montados en tráileres similares en tamaño a uno comercial. Estas unidades auto contenidas llevan silenciadores, el motor, radiador, filtro de aire y equipo de control.

- *Turbinas de gas*

Técnicamente es la tecnología más madura, pueden diseñarse para servicio en emergencia o para reserva, en aplicaciones donde la capacidad requerida está por encima del límite de un motor de combustión interna. Los combustibles utilizables pueden ser gas natural o combustóleo o en modalidad dual. En este último caso, usando gas natural como primer combustible y diesel o combustóleo como respaldo.

Se han considerado dos diseños básicos: el industrial (TGI) y el aeroderivado (TGA). Las TGI se construyen con carcasas y rotores convencionales; son el tipo dominante en uso actualmente, y están diseñadas para bajos costos de mantenimiento y gran confiabilidad. Los TGA consisten en motores adaptados de los aviones a turborreacción; tienen una construcción más ligera que las TGI y mayores relaciones de compresión, lo cual resulta en muy altas eficiencias y más bajas temperaturas en los gases de desecho, aunque mayores costos de inversión.

*Impacto de las características del sitio en el desempeño de las turbinas de gas*

**Altitud.** Las turbinas de gas están diseñadas para operar a nivel del mar, y su capacidad es directamente proporcional a la presión atmosférica en el sitio. Se puede considerar que aquella disminuirá 3.5% aproximadamente por cada 300 metros (1000 pies) de incremento en la elevación. La altitud no impacta sobre la eficiencia.

**Temperatura ambiente.** Este dato de diseño del sitio, es de 15 °C (59 °F). Su capacidad también disminuye entre 0.3% y 0.5% por cada 0.17 °C (1 °F) de incremento en la temperatura del aire a la entrada del compresor de la turbina. No obstante, cuando ésta disminuye por abajo de la de diseño, la potencia se incrementa hasta que se alcanza el límite mecánico o aerodinámico en la turbina. Por otra parte, el régimen térmico se acrecienta entre

0.1 y 0.2% aproximadamente por cada 0.17 °C (1 °F) de aumento en la temperatura del aire a la entrada del compresor de la turbina.

**Área requerida.** Las necesidades de espacio para las turbinas de combustión que utilizan gas natural y quemadores de bajo NO<sub>x</sub>, son de 40 m<sup>2</sup>/MW. Una central con combustible dual (gas-diesel) requeriría 30% más de área para ubicar el tanque de diesel y el de agua desmineralizada.

- *Eólicas*

El viento se genera por diferencias regionales en la presión atmosférica, que pueden ser causadas por:

- i. el calentamiento solar de la superficie de la tierra
- ii. la ausencia de radiación solar en la noche
- iii. el mismo paso del aire que calienta o enfría el agua de los océanos (según el caso)
- iv. por el paso de frentes, tormentas y otros fenómenos meteorológicos complejos.

La calidad de los recursos eoloeléctricos puede variar significativamente de un sitio a otro. Obviamente algunas localizaciones son más ventajosas que otras, pero aun con un conocimiento del viento en el área, los recursos eólicos pueden variar según la localización precisa (micro sitios). Esto es una complicación adicional. Por el hecho de que cada sitio es diferente, el viento generalmente exhibe variaciones en su comportamiento estacional, diurno y nocturno, e inclusive variaciones horarias. La medición precisa de la calidad del viento en el sitio propuesto para un proyecto es el primer paso, crítico, para el éxito del mismo. La calidad del recurso eólico está caracterizada por: i) su velocidad y la dirección, las cuales presentan distribuciones de frecuencia típicas; ii) el corte del viento, esto es la variación de la velocidad según la altura y iii) la intensidad de la turbulencia.

### *Medición del recurso eólico*

Previa a la selección final del sitio, debe cuantificarse el recurso eólico por un largo periodo, usualmente 5 a 10 años, para caracterizarlo estadísticamente. A fin de medir continuamente la velocidad del viento, su dirección, su temperatura y algunos otros parámetros climáticos se coloca, en uno o más lugares, una torre o mástil meteorológico. Las mediciones se hacen a múltiples elevaciones sobre el suelo (típicamente 10, 30 y 50 metros) para permitir estimar los cortes del viento. Los datos son analizados para resolver o eliminar valores erróneos, calcular velocidades promedio del viento, direcciones y temperaturas medias anuales, estacionales, mensuales y horarias. La información es comúnmente expresada con distribuciones de frecuencia de la velocidad y rosas del viento, las cuales muestran gráficamente la frecuencia relativa de la velocidad del mismo, su dirección y energía.

Los recursos eólicos se localizan preferentemente en los pasos montañosos, en las cordilleras y las costas de los océanos y los grandes lagos.

En la tabla 2.1 se presenta la clasificación del recurso eólico en función de la densidad de potencia del viento. Generalmente, una clasificación 3 del viento es representativa de un recurso eólico de bajo a moderado, y las clases 4 a 7 son consideradas la más deseables para proyectos comerciales.

Resulta importante notar que la densidad de la potencia eólica es directamente proporcional a la densidad del aire, la cual, para un sitio dado, es inversamente proporcional a la temperatura ambiente y directamente proporcional a la presión atmosférica (por lo tanto, la potencia de un aerogenerador disminuye con la altura sobre el nivel del mar y con la temperatura). Al nivel del mar, la densidad del aire tiene un valor estándar de  $1.225 \text{ kg/m}^3$  (1.0133 bars de presión atmosférica, aire seco y  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  de temperatura).

**Tabla 2.1.- Densidad de potencia en el viento según la clase**

<i>Clase de Potencia del viento</i>	<i>10 metros</i>		<i>30 metros</i>		<i>50 metros</i>	
	Densidad de potencia del viento (W/m <sup>2</sup> )	Velocidad media del viento <sup>a</sup> (m/s)	Densidad de potencia del viento (W/m <sup>2</sup> )	Velocidad media del viento <sup>a</sup> (m/s)	Densidad de potencia del viento (W/m <sup>2</sup> )	Velocidad media del viento <sup>a</sup> (m/s)
<b>1</b>	0 a 100	0.0 a 4.4	0 a 160	0 a 5.1	0 a 200	0.0 a 5.6
<b>2</b>	100 a 150	4.4 a 5.1	160 a 240	5.1 a 5.9	200 a 300	5.6 a 6.4
<b>3</b>	150 a 200	5.1 a 5.6	240 a 320	5.9 a 6.5	300 a 400	6.4 a 7.0
<b>4</b>	200 a 250	5.6 a 6.0	320 a 400	6.5 a 7.0	400 a 500	7.0 a 7.5
<b>5</b>	250 a 300	6.0 a 6.4	400 a 480	7.0 a 7.4	500 a 600	7.5 a 8.0
<b>6</b>	300 a 400	6.4 a 7.0	480 a 640	7.4 a 8.2	600 a 800	8.0 a 8.8
<b>7</b>	400 a 1000	7.0 a 9.4	640 a 1600	8.2 a 11.0	800 a 2000	8.8 a 11.9

<sup>a</sup> Se considera la velocidad del viento en las condiciones del nivel del mar. Para mantener la misma densidad de potencia, la velocidad debe incrementarse 3% por cada 1,000 m de elevación.

Fuente: CFE, COPAR 2009.

### *La energía eólica en México*

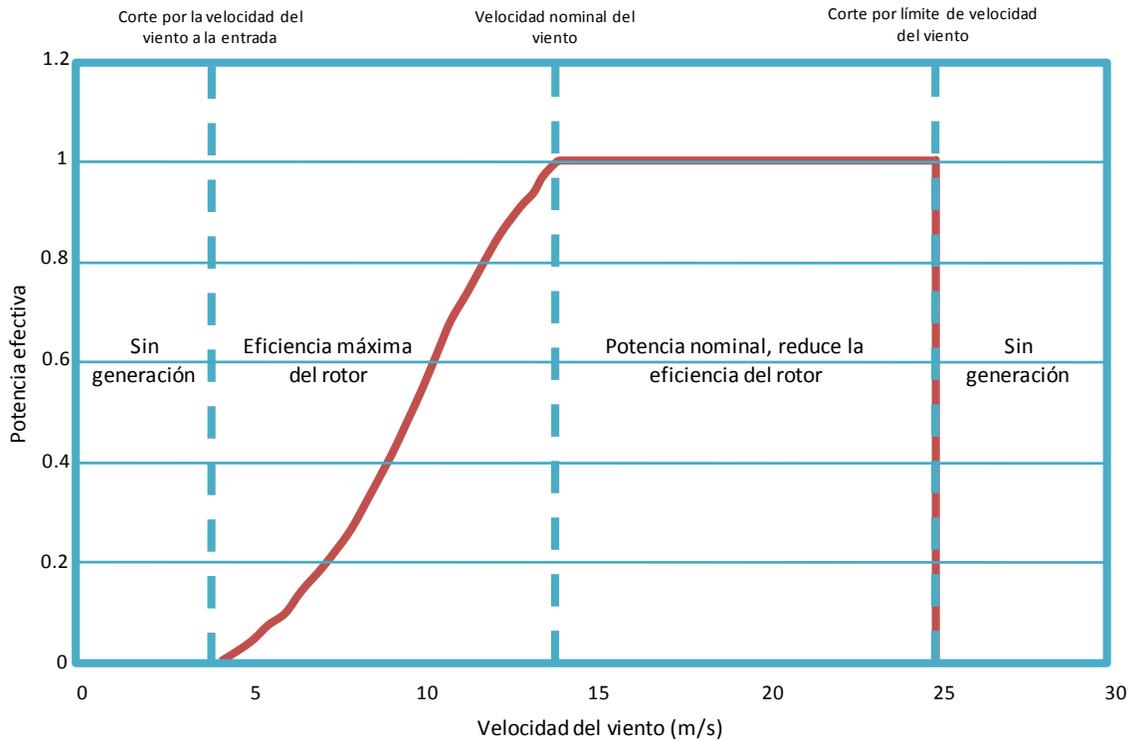
Es importante resaltar que los aerogeneradores deben ser instalados en sitios con probado potencial eólico, donde se tengan velocidades de viento por arriba de los 4 m/s como promedio anual. A este respecto, en el país contamos con alrededor de 50 sitios donde el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y otras instituciones han registrado estas características.

El factor de planta en este tipo de centrales oscila entre 20% y 43% (caso de la Venta, Oaxaca) dependiendo del fabricante específico y del cuidado que se haya tenido en la selección del micro sitio. Aunque este factor es bajo comparado con el de otro tipo de centrales, es necesario apuntar que se está aprovechando el potencial energético de un recurso que, si bien es intermitente, es también gratuito, renovable y no contaminante. Los factores de disponibilidad para estos equipos se encuentran en el rango de 95% a 98%.

Dada la naturaleza intermitente de los vientos, las centrales eólicas deben integrarse a un sistema interconectado, como lo es el de México, y aportar a la red la energía que se genere

cuando sopla el viento (figura 2.3). Estos equipos, a pequeña escala, pueden también formar parte de sistemas híbridos independientes, o de generación distribuida autorrespaldados.

**Figura 2.3.- Curva típica de potencia vs velocidad del viento en turbinas eólicas**



Fuente: COPAR, CFE 2009.

### 2.3.2.3 Capacidad instalada requerida

La capacidad instalada requerida para generación de energía eléctrica dependerá, básicamente, de los requerimientos y consumos de la planta industrial.

Por otro lado si se contempla que existe el potencial para cogeneración o utilizar residuos de biomasa para la generación, entonces la capacidad instalada requerida será diseñada a partir de la capacidad de producción de nuestros "combustibles".

#### **2.3.2.4 Equipos**

Los equipos a utilizar para nuestras instalaciones serán determinados por el tipo de tecnología seleccionada.

### **2.3.3 Autoabastecimiento: sociedad comercial**

#### **2.3.3.1 Tipos de sociedad**

El autoabastecimiento según los artículos 101 y 102 de la LSPEE se refiere a la producción de electricidad con plantas generadoras cuyo fin es satisfacer las necesidades de los copropietarios o socios, es decir, para consumo propio.

Pueden incluirse más personas al autoabastecimiento siempre que:

- Se hayan cedido partes sociales, acciones o participantes con autorización de la Secretaria.
- Se haya previsto en los Planes de Expansión autorizados por la Secretaria
- Por autorización directa de la Secretaria

Para la obtención y aprovechamiento de un permiso de cogeneración (Art. 104), será indispensable que la electricidad generada se destine a la satisfacción de las necesidades de establecimientos asociados a la cogeneración, entendidos por tales, los de las personas físicas o morales que sean copropietarios de las instalaciones o socios de la sociedad de que se trate.

#### **2.3.3.2 Permisos de porteo**

Existen tres modalidades de interconexión con la red de la CFE; en las cuales se describen las actividades autorizadas en cada uno de los permisos, como son la generación, conducción, la transformación y la entrega de la energía eléctrica según las particularidades de cada caso.

*I. Convenio de Compraventa de excedentes de energía eléctrica (energía económica).*

Este convenio establece bases, procedimientos, términos y condiciones para que la industria generadora pueda entregarle energía a la CFE y esta la acepte.

*II. Contrato de Servicio de Respaldo*

Este contrato obliga a la CFE a proporcionar el servicio de respaldo a la fuente de energía para alimentar tanto a cargas locales, como a centros de consumo.

*III. Convenio de Servicio de transmisión (porteo)*

El contrato de interconexión permite la interconexión de los permisionarios con el sistema eléctrico nacional, regula su relación con respecto a:

- Servicios de Transmisión (factor de planta)
- Intercambio de energía
- Compraventa de energía

La CFE prepara una matriz de valores de cargos estimados por los servicios de transmisión y subtransmisión (también conocido como porteo) cada año en el mes de enero los cargos por servicios de transmisión y subtransmisión actualizada.

El objetivo de la publicación de esta matriz es el de proporcionar una herramienta que facilite las estimaciones preliminares de los particulares sobre el costo por los servicios de transmisión o subtransmisión para sus proyectos de generación eléctrica. De esta manera, se podrán identificar rápidamente los lugares más convenientes para la ubicación de las plantas de generación con relación a los sitios de consumo, disminuir el tiempo así como los costos de los estudios de diversas alternativas y del cálculo del cargo por el servicio de transmisión o subtransmisión.

Es indispensable señalar que, una vez seleccionada la alternativa más conveniente, se deberá acudir a las oficinas de la CFE para solicitar la realización del estudio relativo al proyecto con

objeto de conocer el costo final del servicio de transmisión o subtransmisión, tomando en cuenta las condiciones específicas del caso.

### **2.3.3.3 Equipos de distribución**

Dentro de los equipos de distribución necesarios tenemos:

- Transformadores

Es un dispositivo eléctrico que es capaz de elevar y disminuir la tensión eléctrica, transformar la frecuencia (Hz), equilibrar o desequilibrar circuitos eléctricos según la necesidad y el caso específico.

- Líneas de distribución

Es el conjunto de dispositivos para transportar o guiar la energía eléctrica desde el transformador hasta los centros de consumo.

- Corto circuitos, fusibles

Los fusibles de protección de los circuitos de potencia son dispositivos sirven para proteger los mismos contra fenómenos de cortocircuito o de sobrecarga.

- Interruptores

El interruptor de potencia es el dispositivo encargado de desconectar una carga o una parte del sistema eléctrico, tanto en condiciones de operación normal (máxima carga o en vacío) como en condición de cortocircuito. La operación de un interruptor puede ser manual o accionada por la señal de un relé encargado de vigilar la correcta operación del sistema eléctrico, donde está conectado.

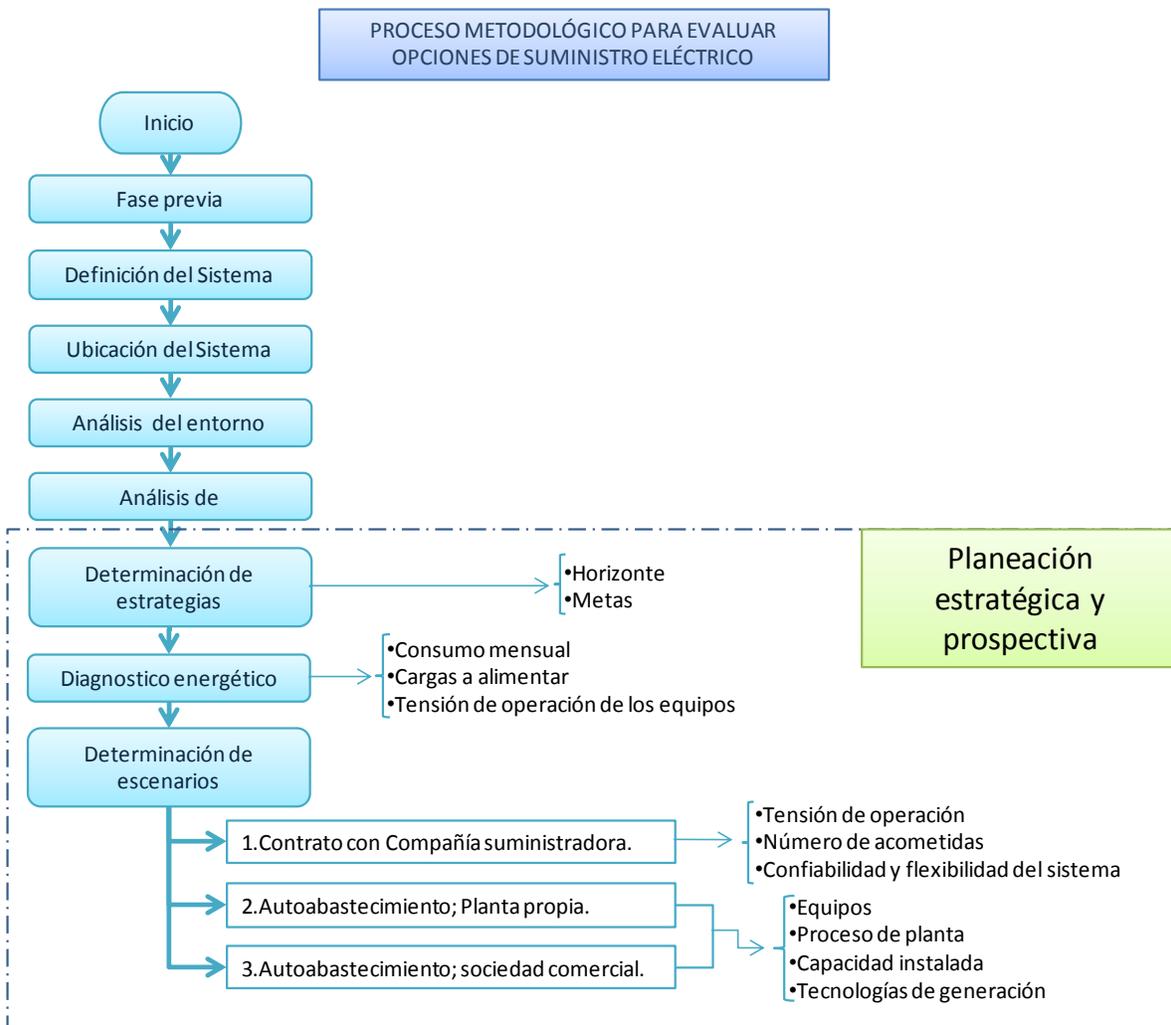
- Compensadores estáticos de VARS.

El compensador estático de vars, es un equipamiento eléctrico usado para brindar una compensación de energía reactiva de rápida acción en redes de transmisión de electricidad de alto voltaje, es idealmente conveniente para llevar al sistema más cerca del factor de potencia unitario.

**Conclusiones.**

En este capítulo se describió la segunda parte del procedimiento metodológico para evaluar la mejor opción de suministro de abasto de energía eléctrica (ver figura 2.4), la cual estudió la importancia de planear en la concepción de un proyecto, la determinación de escenarios y la elaboración de prospectivas, así como la de establecer metas concretas que debe cumplir nuestro proyecto.

**Figura 2.4.- Segunda parte del proceso metodológico**



Fuente: el autor.

Se presentaron los principales parámetros que son determinantes, para poder evaluar las tres posibles opciones, siendo estos:

1. Optimizar los costos en cuanto a consumo eléctrico de nuestra industria, mediante diagnóstico de consumo eléctrico, en donde se determinó los parámetros que toma en cuenta CFE para el cálculo de la tarifa a industrias, en la página de CFE, podemos conocer la tarifa aplicada a nuestra industria de acuerdo al nivel de tensión requerido, a la región en donde se localice nuestra planta y en el horario en el cual se utiliza la energía eléctrica, estos costos se actualizan mensualmente. Para reducir costos por concepto de electricidad se debe cuidar y corregir el factor de potencia en nuestra industria con el fin de evitar recargos o multas.
2. Se deben analizar las tecnologías de generación disponibles en el mercado, si decidimos construir una planta de generación, contemplando cada una de las opciones que nos ofrece el mercado, de acuerdo a eficiencia y costo de generación por kW, así como el contemplar los posibles aumentos en combustibles, costos de mantenimiento y operación y vida útil de los equipo, de tal forma que la tecnología seleccionada nos proporcione reducción de costos a largo plazo y no solo beneficios en el corto plazo.
3. Por muy posible que parezca la realización de un proyecto, así la idea suene bien y existan las condiciones para que este se lleve a cabo, es necesario evaluar cada uno de los escenarios planteados, técnica y económicamente, para tomar la decisión correcta de forma general. En el tercer capítulo se revisará cuáles son los puntos básicos para el estudio de factibilidad al que deberán de ser sometidos cada uno de nuestros escenarios.

Esta página se dejó en blanco intencionalmente

# *Capítulo 3*

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y  
EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Esta página se dejó en blanco intencionalmente

### **3. Estudio de factibilidad y evaluación de alternativas**

#### **Introducción.**

En los dos capítulos anteriores se describió la importancia que tiene el realizar un estudio sistémico de la empresa y definir las metas que se quieren conseguir, así como el definir los escenarios que se tienen para conseguirlos, antes de realizar la evaluación de un proyecto.

Ya que en muchas ocasiones realizar una evaluación técnica – económica no tiene sentido si los empleados o el sistema de la empresa no se encuentra en condiciones para llevarse a cabo.

Una vez realizados dichos estudios previos, nos podemos encontrar en condiciones de realizar un estudio de factibilidad, este nos permite analizar la posibilidad y disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo nuestro proyecto, así como las posibilidades de éxito del mismo.

El estudio de factibilidad técnica nos permite saber si existe o se encuentra a nuestro alcance la tecnología necesaria, así como los recursos materiales. La factibilidad económica nos permite saber si la empresa cuenta con la capacidad económica para costearlo o si cuenta con apoyos financieros de un ente externo, en este estudio también se ve reflejado que tan rentable es de acuerdo a su relación costo beneficio.

En este capítulo se revisará la teoría de evaluación de proyectos, en primer lugar se hablará del estudio de mercado, como parte del estudio de factibilidad cuya importancia radica en que nos permite y facilita la obtención de datos, que de una u otra forma serán analizados y procesados mediante herramientas estadísticas y así obtener las complicaciones dentro del mercado.

En la segunda parte veremos el estudio técnico, donde se analizarán los elementos que tienen que ver con la ingeniería básica del proceso que se desea implementar, para ello, se

realizará la descripción detallada del mismo con la finalidad de mostrar los requerimientos para llevarse a cabo.

Posteriormente se revisará la evaluación económica financiera, donde también se analizarán los elementos básicos a tomar en cuenta para que se podamos conocer la viabilidad económica de nuestro proyecto.

Por último se describirán los elementos que debemos considerar también para la elección de la opción que más nos convenga, recordemos que para nuestro proyecto de suministro eléctrico contamos con tres escenarios, y cada uno de ellos deberá tener su estudio de factibilidad.

### **3.1. Estudio de mercado**

El estudio de mercado es más que el análisis de la oferta y demanda o de los precios del proyecto. Muchos costos de operación pueden pronosticarse simulando la situación futura y especificando las políticas y procedimientos que se utilizarán como estrategia comercial, mediante el conocimiento de los siguientes aspectos:

1. El consumidor y las demandas del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas.
2. La competencia y las ofertas del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas.
3. Comercialización del producto o servicio del proyecto.
4. Los proveedores y la disponibilidad y precios de los insumos, actuales y proyectados.

#### **3.1.1. El consumidor y las demandas del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas.**

Uno de los factores más crítico de todo proyecto, es la estimación de la demanda, y conjuntamente con ella los ingresos de operación, como los costos e inversiones implícitos.

El análisis del consumidor tiene por objetivo caracterizar a los consumidores actuales y potenciales, identificando sus preferencias, hábitos de consumo, motivaciones, nivel de ingreso promedio, ente otros; para obtener el perfil sobre el cual pueda basarse la estrategia comercial. El análisis de la demanda pretende cuantificar el volumen de bienes o servicios que el consumidor podría adquirir de la producción del proyecto.

#### **3.1.2. La competencia y las ofertas del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas.**

El estudio de la competencia es fundamental, para poder conocer las características de los productos o servicios que ofrecen el resto de los productores, con el fin de determinar las ventajas y desventajas que aporta dicha competencia. Además, permite argumentar el nivel de ocupación de la capacidad disponible por el proyecto.

### **3.1.3. Comercialización del producto o servicio del proyecto.**

El análisis de la comercialización del proyecto depende en modo importante de los resultados que se obtienen de los estudios del consumidor, la demanda, la competencia y la oferta.

Por lo que las decisiones (en cuanto a precio, promoción, publicidad, distribución, calidad, entre otras) adoptadas aquí tendrán repercusión directa en la rentabilidad del proyecto por las consecuencias económicas que se manifiestan en sus ingresos y egresos.

### **3.1.4. Los proveedores y la disponibilidad y precios de los insumos, actuales y proyectados.**

Los proveedores de insumos necesarios para el proyecto pueden ser determinantes en el éxito o fracaso de éste. De ahí la necesidad de estudiar si existe disponibilidad de los insumos requeridos y cuál es el precio que deberá pagarse para garantizar su abastecimiento. Por lo que la información que se obtenga de los proveedores puede influir en la selección de la localización del proyecto.

Atendiendo al estudio de cada una de las variables que influyen en el mercado, es que su objetivo principal está dirigido a la recopilación de carácter económico que se representa en la composición del flujo de caja del proyecto.

## **3.2. Evaluación técnica**

Una vez que se ha decidido construir una nueva planta industrial y visualizado los tres escenarios de suministro eléctrico, se procede a realizar una evaluación. El objetivo del estudio técnico consiste en analizar las diferentes alternativas de proyecto para el cumplimiento de las metas, verificando la factibilidad técnica de cada una de ellas y determinar en cual o cuales se pueden llevar a cabo de acuerdo a las características y capacidades de nuestra industria.

### ***3.2.1. Infraestructura y equipo actual disponible***

Como ya se mencionó tenemos tres escenarios posibles dentro de nuestra metodología; el primero, contratar los servicios de la CFE y que sea quien nos provea de energía eléctrica, segundo, realizar una sociedad comercial con una empresa industrial que cuente con su propia planta de generación y genere los excedentes suficientes como para suministrarnos la energía que necesitamos o, tres, instalar nuestra propia planta de generación.

Cuando una industria decide construir una nueva planta industrial generalmente tiene contemplado todos los equipos de distribución a implementar, así como el necesario para la construcción de la subestación requerida para la interconexión a la red de CFE. Lo anterior indica que para este escenario la infraestructura y equipo a utilizar para la alimentación de energía eléctrica es el necesario.

Para nuestro segundo escenario ocurre algo similar que el primero, pues para que la empresa industrial con la cual realizamos la sociedad nos suministre energía eléctrica es necesario realizar un contrato con la CFE para utilizar sus líneas de transmisión y transportar la energía eléctrica generada en la otra industria a la nuestra, a menos que la planta de generación se encuentre al lado que generalmente no ocurre, así que igual tenemos que contemplar los equipos necesarios para la interconexión y distribución de la energía eléctrica de nuestra planta industrial igual que si se contratara los servicios de la CFE.

La evaluación técnica importante se llevará a cabo en nuestro tercer escenario, que es la implementación de nuestra propia planta de generación. Pues debemos tener en cuenta todas las tecnologías de generación y de las características de nuestra industria. Para saber cual es una buena opción tecnológica de generación de energía eléctrica, es primordial conocer con qué tipo de equipo y maquinaria dispone el proceso principal de la planta industrial.

Algunas plantas industriales tienen la ventaja de poder estructurar la disposición física de los equipos de la forma más conveniente desde la concepción misma del proyecto para algunas

tecnologías específicas, de acuerdo a la detección de requerimientos y necesidades específicas del proceso de producción central, así como de la integración de la generación de energía eléctrica y sus procesos y actividades complementarias.

Por ejemplo, si en uno de los procesos complementarios al principal se tiene una fuente importante de generación de calor (industrias Químicas, Farmacéuticas, Acereras, Alimenticias, etc.), es muy factible proponer la instalación de una planta de cogeneración que utilice el calor residual del proceso, redireccionándolo a través de un Recuperador de Calor, por Generación de Vapor (HRSG, por sus siglas en inglés: Heat Recovery Steam Generator), y de ahí alimentar una turbina de vapor, acoplada a un generador de electricidad.

Por otro lado si la industria en cuestión cuenta con una planta de tratamiento de aguas de dimensiones considerables; es decir el canal de arrastre tiene una capacidad de flujo de agua bondadoso, se torna factible la instalación de pequeñas turbinas con la nueva modalidad de plantas de generación con mini hidráulicas, en caídas de agua de la trayectoria del canal.

Otro caso podría ser el de las industrias cerveceras, ingenios azucareros o papeleras, cuyos residuos (básicamente orgánicos) y el agua residual de sus procesos, pueden ser ingresados a un biodigestor, en el cual no solo podrán tratarlos adecuadamente, también pueden producir biogás y utilizarlo para alimentar un MCI y generar electricidad.

Sin embargo, no todos los procesos productivos pueden tener una integración vertical hacia atrás para satisfacer sus necesidades de energía eléctrica; ya que, deben ser compatibles a sus procesos de producción centrales con el de generación de energía eléctrica. Aunque se pudieran tener instalaciones que no permitieran esta interacción de forma directa, existe la posibilidad de autogenerar, si la planta se encuentra ubicada en una zona de alta incidencia de rayos solares a lo largo de amplios periodos de tiempo en el año, se torna factible la instalación de paneles solares o alguna otra tecnología que permita el aprovechamiento de esta situación privilegiada. De esta misma forma, se puede pensar en la instalación aerogeneradores, en caso de que la localización física de la planta industrial lo permita.

### **3.2.2. Capacidad de procesos**

Es importante conocer las necesidades del proceso principal de la planta y de las características del equipo con que se cuenta para que se lleve a cabo este. Es decir, es común que el equipo de las plantas este sobredimensionado; ya sea, porque se consideró un porcentaje de holgura por un factor de crecimiento a futuro o porque cuando se dimensiono el equipo se tuvo que adquirir el inmediato superior disponible en el mercado.

En el caso de que se contemple el hecho de instalar alguna tecnología de cogeneración, se tiene que contar con los datos del calor residual del proceso; es decir, conocer a que temperaturas se puede conseguir vapor de agua del proceso sin la inserción de ningún equipo adicional. Lo anterior con la finalidad de conocer si estas temperaturas son suficientes o si es requerido algún quemador suplementario, y en caso de ser necesario cuales deben ser las características adecuadas para que se lleve a cabo el proceso deseado.

### **3.2.3. Ingeniería del proyecto**

Una vez identificados los datos mencionados anteriormente se procede a evaluar el impacto que se tendría en la planta industrial como consecuencia de la instalación de los equipos necesarios para generar energía eléctrica. Dependiendo del tipo de tecnología a instalar y la capacidad seleccionada, serán los requerimientos de esta, en áreas nuevas y volúmenes requeridos para estas; así, como modificaciones a áreas y arreglos de equipo existentes, para la incorporación del Autoabastecimiento de energía eléctrica.

Una vez identificadas las áreas nuevas y las modificaciones a las existentes se procede a elaborar un nuevo arreglo de la planta, para evaluar las obras de ingeniería requeridas de las diferentes disciplinas involucradas como son: ingeniería química, mecánica, civil, eléctrica, instrumentación, sistemas de control, automatización, telecomunicaciones, etc.

### **3.2.3.1. Tecnología**

Aún seleccionado el tipo de autoabastecimiento a instalar, se debe elegir la tecnología más adecuada para los propósitos particulares que se requieren dentro de lo que se ofrece en el mercado. Por ejemplo, existen distintos proveedores de aerogeneradores en el mercado; sin embargo no todos cuentan con las mismas capacidades, ni los mismo tipos para los diferentes montajes en las diferentes zonas a instalarse.

En el caso específico de optar por cogeneración, existen muchos fabricantes de turbogeneradores; pero, las dimensiones y eficiencia de cada uno de ellos varia en relación a las capacidades ofertadas.

Por lo anterior es necesario hacer una tabla comparativa de las tecnologías disponibles, para realizar la mejor selección, sin dejar a un lado la importancia de contar con la certeza de obtención de refacciones y partes de repuesto al menos por 10 años sin tener que realizar una adaptación importante a las instalaciones.

### **3.2.3.2. Equipos**

Consistentemente con el numeral anterior dicta, se den seleccionar los equipos con base en su capacidad eficiencia y otras características técnicas requeridas, sin perder la importancia de sus dimensiones físicas, que se determinaron junto con el arreglo de equipo de la planta (Layout).

Se deben considerar las áreas de operación y mantenimiento específicas para cada equipo, así como buscar en medida de lo posible la incorporación al proceso principal de la forma más amigable posible, con la finalidad que la capacitación al personal sea mínima y se evite ampliar la plantilla por características especializadas.

### **3.2.3.3. Obras de Ingeniería**

Las obras de ingeniería tendrán un mayor impacto en caso de contar con instalaciones existentes; ya que, durante el desarrollo de la ingeniería de detalle, construcción, pruebas y puesta en marcha se tendrá que producir el menor impacto posible a la producción de la planta.

En caso de tratarse de una planta industrial nueva las obras de ingeniería se incorporarán al programa del proyecto completo de la planta.

### **3.2.3.4. Análisis de insumos**

Es importante conocer las similitudes entre los insumos del proceso de producción de la planta y los insumos que se requieren para el proceso de autoabastecimiento seleccionado, para evaluar si sólo se debe incrementar un poco la recepción de los mismos o si la adquisición debe ser con otro u otros proveedores. Con base en lo anterior se debe replantear la logística de recepción y en su caso almacenaje de insumos requeridos; así como su impacto económico en los costos totales de operación.

### **3.2.3.5. Servicios públicos**

Aunque el análisis de los servicios públicos disponibles en la zona es un estudio indispensable en el anteproyecto de la planta industrial, es importante conocer con que servicios públicos se cuenta, para tener bien identificadas las vialidades cercanas, la disponibilidad de centros de distribución, fuentes de abasto de recursos naturales, etc. No tan sólo para saber cómo actuar en caso de contingencia, sino como deben ser las rutas de recepción y distribución que se requieren en todos los procesos y subprocesos de la planta, incluyendo la generación de energía eléctrica.

### **3.2.3.6. Mano de obra**

Una vez determinada la capacidad de producción de la planta, los procesos que se emplearan y el equipo necesarios para la construcción de las instalaciones que alojaran la tecnología seleccionada, es necesario definir la plantilla de personal requerido para el proyecto y evaluar la oferta y demanda de mano de obra, especialmente de obreros básicos de la región, a partir de la experiencia disponible y atendiendo a las necesidades tecnológicas del proyecto. Mediante estos estudios se podrá determinar las necesidades de capacitación y adiestramiento a los diferentes niveles y etapas, así como evaluar las limitaciones de tiempo para tener listo el proyecto y sus impactos económicos inherentes.

## **3.3. Evaluación financiera**

Tomando en cuenta los puntos anteriores, se tiene que realizar una evaluación financiera, para demostrar cual o cuales de los escenarios propuestos, con un margen razonable de seguridad, se puede realizar. Por lo que en este apartado se proporcionarán las directrices necesarias para evaluar económicamente un proyecto de tal índole.

Para determinar la rentabilidad cada uno de los escenarios se debe medir la estructura financiera de la empresa, tanto en un entorno de estabilidad económica como de inflación, se deben considerar también los precios y costos constantes.

### **3.3.1. Presupuestos y programa de inversiones y fuentes de financiamiento.**

En nuestra evaluación de opciones de suministro eléctrico, es necesario plantear muy bien los escenarios de presupuesto, inversiones y pagos, así como destacar aquella o aquellas opciones que puedan entrar a un programa de financiamiento.

Para opción de instalar una isla de autoabastecimiento acoplada a una planta industrial, si es concebida desde un inicio como parte del proyecto integral de la planta, sólo se considera como una partida más del total del proyecto. Sin embargo, si la idea de producir energía

eléctrica es posterior al proyecto industrial original, se debe replantar el presupuesto disponible para este fin en particular como resultado de esto último, se tendrá que elaborar un programa específico de inversiones y financiamiento para la isla de generación.

Dentro de esta parte no debemos descartar evaluar las opciones que tenemos por parte del gobierno federal para el fomento de autoabastecimiento por medio de fuentes renovables, cogeneración y eficiencia energética, así como la posibilidad de obtener ingresos mediante el mercado de bonos de carbono.

### **3.3.2. Proyección financiera**

Al realizar la selección de la tecnología deseada y de los equipos adecuados para obtener los resultados deseados, podemos conocer los costos de estos y cómo en paralelo se debe realizar un estudio para conocer las obras de ingeniería requeridas, así como la mano de obra que se necesita para esta, podemos conocer los costos de inversión de capital necesarios para proyectar, construir, probar y poner en operación un sistema con las características deseadas.

Como segunda fase, partiendo del hecho de conocer los datos de placa de los equipos que se pretenden instalar, se pueden estimar los consumos de cada uno de estos, y con estos resultados se pueden realizar proyecciones de los costos de operación del proceso de generar electricidad.

Es importante no dejar de lado en la proyección financiera los costos en los que se incurre en mantenimiento (programado, preventivo y en su caso correctivo).

#### **3.3.2.1. Costos**

De acuerdo a lo anterior es posible conocer de una forma a priori los costos de instalación de la planta, los costos de operación de la planta y con ayuda de los proveedores y fabricantes de los equipos, también podemos conocer los costos en los que se incurre por mantenimiento.

Es importante considerar factores de contingencia en todos los costos, para prever variaciones de las presiones de equipos, partes de repuesto, refacciones y herramientas como, aumentos en la mano de obra, devaluaciones, etc.

#### **3.3.2.2. Flujo de efectivo**

El flujo de efectivo es el resultado de una corrida financiera en el tiempo, considerando los costos de los que se hizo mención en los numerales anteriores. Con la finalidad de hacer análisis predictivos del comportamiento económico del sistema. Incluyendo los costos directos de la planta; así como sus indirectos, como el pago de créditos.

#### **3.3.2.3. Pago de créditos y otros compromisos**

Es importante no dejar de lado el pago de los créditos solicitados para la realización del proyecto de autoabastecimiento; ya que, es un factor que determina la capacidad de pago que se tiene en la recurrencia de los periodos. Es decir, no se puede dejar a un lado ya que no se consideraría el entorno general de la situación económica del proceso.

#### **3.3.2.4. Capacidad de pago**

De acuerdo a los ingresos y necesidades de incurrir en gastos para la instalación, operación y mantenimiento de los equipos, y a los créditos de los cuales se debe hacer uso para cubrir los gastos recién mencionados, se debe analizar si los ingresos pronosticados son suficientes. Ya que, si como resultado de la corrida financiera no se puede dar salida efectiva a los pagos de los créditos planteados para solventar todos los costos, se debe replantear la factibilidad de que se lleve a cabo la realización del proyecto.

### **3.3.3. Situación financiera actual y proyectada**

Como parte del proceso de planeación del proyecto es importante conocer la situación actual en que se encuentra la empresa industrial, para identificar cual es o cuáles son los caminos adecuados para conducir a la empresa a la situación deseada que se planteó.

Si la situación financiera actual es buena las posibilidades de se le otorgue a la empresa un crédito son elevadas, además de ser la base de partida de la proyección de la situación futura. La situación financiera proyectada es el resultado de considerar todos los factores económicos involucrados en la ingeniería, construcción, procuración, instalación, pruebas, puesta en marcha, operación y mantenimiento de la planta de autoabastecimiento.

**3.3.4. Análisis de rentabilidad**

El análisis de rentabilidad la rentabilidad financiera o "ROE" (Por sus siglas en inglés: Return on equity) relaciona el beneficio los recursos necesarios para obtener ese lucro. La rentabilidad puede verse como una medida de cómo la compañía en cuestión invierte fondos para generar ingresos. Se suele expresar como porcentaje.

$$ROE = \frac{\text{Beneficio Neto}}{\text{Patrimonio Neto}}$$

Por ejemplo si se coloca en una cuenta un millón y los intereses generados son 100 mil, la rentabilidad es del 10%. La rentabilidad de la cuenta se calcula dividiendo la cantidad generada y la cantidad que se ha necesitado para generarla

**3.3.4.1. Relación Costo/Beneficio**

El beneficio económico es la ganancia que se obtiene de un proceso económico. Se basa en el valor presente, y consiste en dividir el valor presente de los ingresos menos gastos entre el valor presente de la inversión.

$$\text{Relación } (B/C) = \frac{VPNB}{VPNI}$$

Dónde:

VPNB; es el valor presente neto de los beneficios

VPNI; es el valor presente neto de la inversión

Si el índice es mayor a 1 se acepta el proyecto, si es inferior no es aceptado ya que esto significa que la rentabilidad del proyecto es inferior a la inversión.

#### **3.3.4.2. Valor Presente Neto (VPN)**

El valor Presente Neto (VNP), se define como el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos de efectivo descontados a la inversión inicial.

Sumar los flujos descontados en el presente y restar la inversión inicial equivale a comparar todas las ganancias esperadas contra todos los desembolsos necesarios para producir dichas ganancias, en términos de su valor equivalente en este momento o tiempo cero, es claro que para aceptar un proyecto, los desembolsos deben ser menor a las ganancias, por lo tanto un  $VNP > 0$ , sin importar cuánto supere a cero ese valor, implica una ganancia.

En este caso el VPN se determina por la expresión siguiente:

$$VNP = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{FE_t}{(1+r)^t}$$

Donde

" $FE_t$ " representa el flujo de efectivo en cada periodo de tiempo "t",

La tasa de descuento o costo de oportunidad del dinero está representada por "r",

"n" es el número de años del horizonte de evaluación menos uno y

" $\Sigma$ " es la sumatoria del valor presente de los flujos de efectivo descontados.

#### **3.3.4.3. Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Es la tasa de descuento que iguala la suma del valor actual o presente de los gastos con la suma del valor actual o presente de los ingresos previstos.

Se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, el costo de oportunidad de la inversión

(si la inversión no tiene riesgo, el costo de oportunidad utilizado para comparar la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo). Si la tasa de rendimiento del proyecto - expresada por la TIR- supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza.

Es decir la TIR es la tasa de interés por medio de la cual se recupera la inversión.

Y la podemos calcular a partir de la siguiente expresión:

$$VNP = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{FE_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

#### **3.3.4.4. Análisis de sensibilidad**

Al hacer cualquier análisis económico proyectado al futuro, siempre hay un elemento de incertidumbre asociado a las alternativas que se estudian y es precisamente esa falta de certeza lo que hace que la toma de decisiones sea bastante difícil.

El análisis de sensibilidad de un proyecto de inversión es una de las herramientas más sencillas de aplicar y que nos puede proporcionar la información básica para tomar una decisión acorde al grado de riesgo que decidamos asumir.

Los flujos de efectivo que se usan para determinar la aceptabilidad de un proyecto están determinados por los pronósticos de acontecimientos inciertos, como las condiciones económicas en el futuro y la demanda esperada de un producto. Entonces se sabe que los flujos de efectivo que se usan para determinar el VNP de un proyecto podrían ser muy diferentes de lo que en realidad pase en el futuro. Pero esas cifras representan el mejor, y más confiable, pronóstico respecto de los flujos de efectivo esperados con un proyecto y si una de las variables de entrada cambia, como las unidades vendidas, el VNP del proyecto cambia.

El análisis de sensibilidad es una técnica que muestra exactamente cuándo cambiará el VNP en respuesta de un cambio determinado en una variable de entrada, si todo lo demás

permanece constante. Se parte de un caso base cuyo desarrollo está en función de los valores esperados de cada entrada. Después cada variable se cambia por puntos porcentuales específicos por encima o por debajo del valor esperado, yo todo se mantiene constante, después se calcula un VNP nuevo para cada uno de los valores (Besley, 2008).

#### 3.3.4.5. Periodo de recuperación del capital

Periodo de recuperación de capital son los años necesarios para recobrar el costo de un proyecto. En el método ordinario se prescinde de los flujos de efectivo posteriores al periodo y tampoco tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo. Con todo ofrece una indicación del riesgo del proyecto y su liquidez, porque muestra cuanto tiempo el capital invertido estará "en riesgo".

El uso del periodo de recuperación para tomar decisiones de presupuesto de capital se basa en el concepto de que es mejor recuperar la inversión de un proyecto más pronto que tarde. *Como regla general se considera que un proyecto es aceptable si su periodo de recuperación es menor que el tiempo de recuperación del costo máximo que la empresa establece* (Besley, 2008).

#### 3.4. Evaluación de alternativas

Para realizar la evaluación de las alternativas es necesario revisar cada uno de los factores que caracterizan a nuestra empresa:

Aunque las preguntas básicas a contestar deben ser las siguientes:

	Si	No
Se encuentra cerca de SEN		 / 
Alta confiabilidad del suministro eléctrico		 / 
Requiere servicio de respaldo del suministrador		 / 
Está interesado en vender energía eléctrica al suministrador		 / 

<b><i>Posibilidad de establecer sociedad comercial para generación</i></b>		
Se encuentra cerca de un parque industrial o existen industrias vecinas a no más de 3km		
Requiere que el suministrador proporcione el servicio de Porteo de electricidad		
Cuenta con espacio disponible para construir una planta de generación		
El costo del porteo no mas el costo de generación por kW es inferior al que cobra el suministrador		
<b><i>Consumo de energéticos y consumibles</i></b>		
Consumo de combustibles para procesos		
Operación de la planta industrial los 365 días del año		
Mayor consumo eléctrico en horario punta o semipunta		
Consumo de agua para enfriamiento		
<b><i>Residuos de la planta</i></b>		
Produce vapor residual		
Genera residuos que pueden utilizarse como “combustible”		
<b><i>Otros</i></b>		
La tecnología para generación que pretende utilizar se puede comprar en el país o puede importarse		
El proceso de generación eléctrica se integra de forma amigable al sistema de operación de la industria		

Notas:

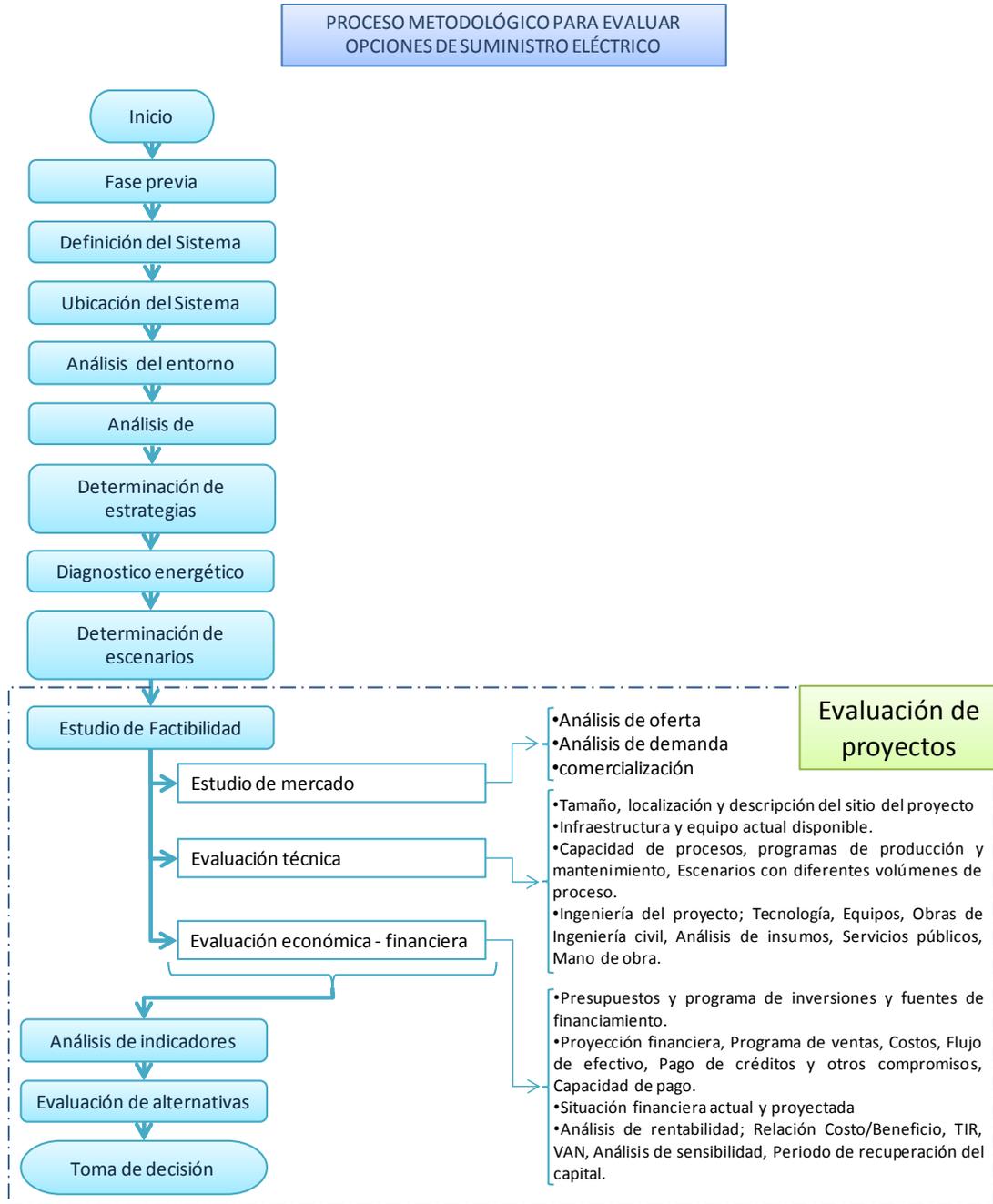
: Planta propia; : Contrato con la compañía suministradora; : Sociedad comercial

Aunque las respuestas a estas preguntas nos pueden proporcionar información sobre a qué lado de la balanza nos inclinamos, estos resultados deben siempre ser comparados con el estudio económico de cada uno de los escenarios, para poder tomar la decisión que más convenga de acuerdo a la reducción de costos y optimización de materias primas.

**Conclusiones.**

Este capítulo desarrollo la tercera parte de nuestro procedimiento metodológico, el cual se muestra en la figura 1.3.

**Figura 3.1.- Tercera parte del proceso metodológico**



Fuente: el autor.

Realizar el estudio de factibilidad de cada uno de nuestros escenarios es fundamental para poder elegir la opción de suministro eléctrico que más le conviene a nuestra industria y al sistema en el cual se encuentra inmerso, esto en base al cumplimiento de nuestras metas específicas, que para este caso es el optimizar costos y ser más competitivos.

Cada proyecto es diferente, por lo cual no se debe generalizar y se debe tomar en cuenta todos los requerimientos técnicos en cada una de las alternativas, así como los escenarios económicos de cada una de ellas. Se recomienda que para tener una mejor visualización de nuestros escenarios se realice una tabla comparativa en donde cada uno de los parámetros de la evaluación se muestre en un mismo plano en donde los resultados puedan ser comparados con facilidad.

En nuestro capítulo cuatro se utilizará nuestra metodología para evaluar el caso de una industria real, en este caso será un ingenio azucarero, el cual se encuentra interesado en mantener la calidad de sus productos disminuyendo los precios de sus productos para liderar la competencia y aumentar sus ingresos, para ello se ha propuesto realizar una serie de modificaciones a sus procesos con el fin de reducir costos y dentro de ellos se encuentra el consumo eléctrico.

Esta página se dejó en blanco intencionalmente

# *Capítulo 4*

APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO  
METODOLOGICO A UN CASO EXISTENTE

Esta página se dejó en blanco intencionalmente

#### **4. Aplicación teórica de la metodología a un caso existente**

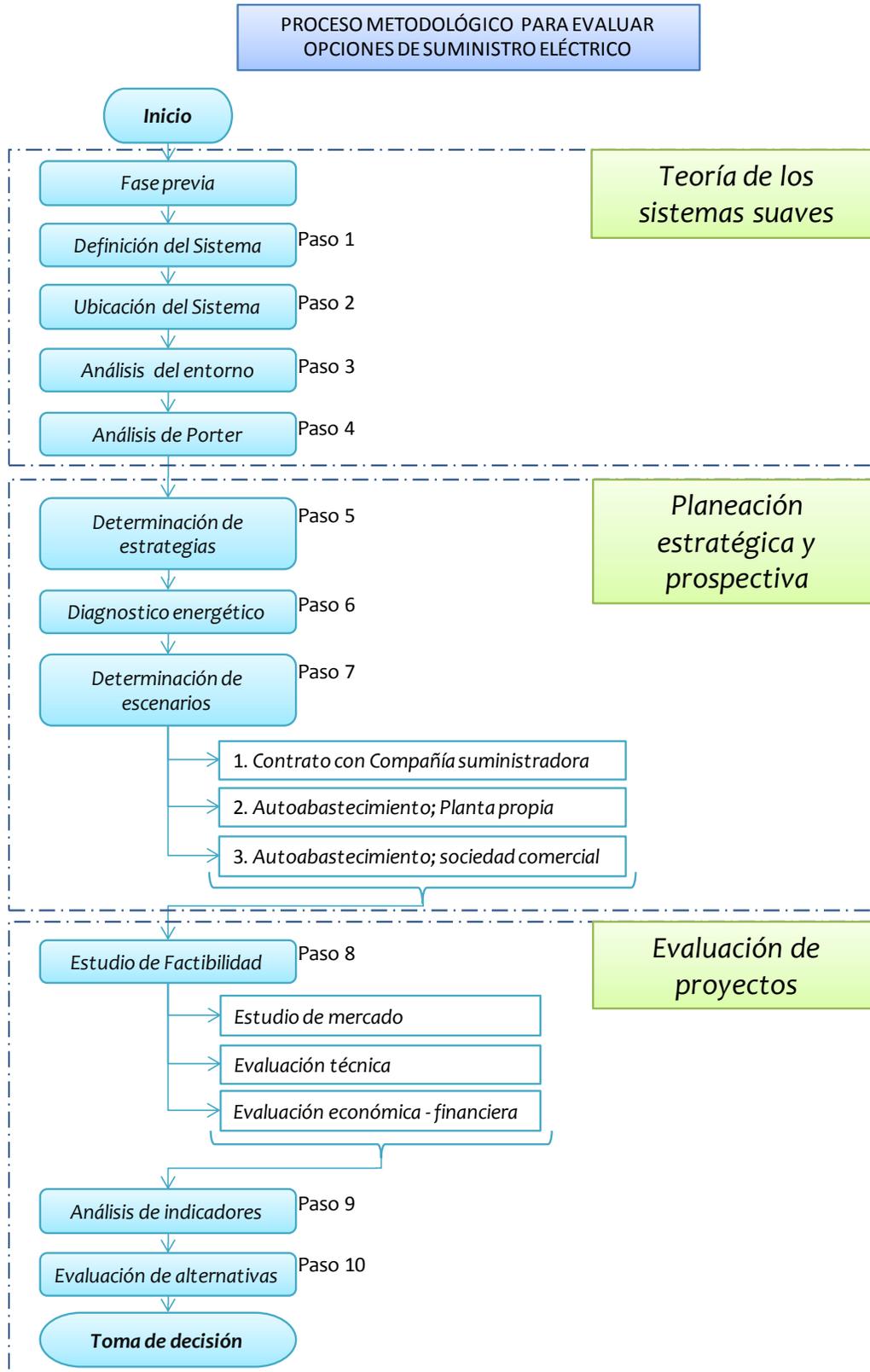
##### **Introducción.**

En el presente capítulo de esta tesis de grado se aplica el procedimiento metodológico resultante del desarrollo de los tres capítulos anteriores (ver figura 4.1), a un ingenio azucarero, que actualmente cuenta con excedentes de bagazo procedentes de la molienda. En este apartado se describen los procesos propios de la planta industrial (ingenio azucarero; como son:) las áreas de la planta que requieren vapor generado por las calderas que queman el bagazo como combustible. También se estudian los residuos de la planta para ver su posible utilidad en procesos complementarios, es decir, se estudia el bagazo y las cantidades disponibles de este residuo, que se puede considerar subproducto.

Dadas las condiciones del ingenio azucarero, se analizan las proposiciones del equipamiento que se requeriría para aprovechar mejor la quema del bagazo basados en el sobrecalentamiento del vapor y los turbogeneradores más apropiados para operar la planta de generación con el propósito ser autosuficientes en Energía Eléctrica y la posibilidad en el futuro de vender energía eléctrica al sistema nacional. Se detallan los resultados del mejoramiento del grupo de calderas y la incorporación de dos nuevos grupos turbogeneradores.

Se establecen al final los beneficios económicos con la implantación de un nuevo sistema de generación por la combustión del bagazo, obteniendo como principales indicadores los siguientes: el bagazo anteriormente desperdiciado estaba por el orden de 30.000 toneladas que ahora ya es consumido en su totalidad.

**Figura 4.1.- Proceso metodológico**



Fuente: el autor:

**PASO 1.- Definición del sistema: “Ingenio PUGA S.A. DE C.V”**

**¿Quién es Ingenio de Puga, S. A. (IPSA)?**

Somos un grupo agroindustrial dedicado a la producción de **caña de azúcar, azúcar, electricidad y mieles.**

Estamos enfocados hacia la excelencia en nuestro trabajo, para obtener productos de calidad, que satisfagan las necesidades de nuestros clientes. Para ello contamos con un grupo humano comprometido y en continuo desarrollo que en época de zafra alcanza a ser de más de 7,000 colaboradores.

**a) Visión**

Somos una **Corporación Agroindustrial**, comprometida a mantener niveles de rentabilidad adecuados y sostenidos contribuyendo a fortalecer las inversiones estratégicas necesarias, que aumenten la capacidad competitiva de la Corporación en el mercado global del **azúcar y eléctrico**, y le permita ser instrumento de superación para todos los integrantes de la Organización.

**b) Misión**

Ser líderes en caña, azúcar y electricidad trabajando en unión.

**c) Valores**

- Responsabilidad
- Honestidad
- Lealtad
- Orgullo de Pertenencia
- Responsabilidad Social

**d) Objetivos**

El uno de los principales objetivos del cliente es el de aprovechar la biomasa producida como desperdicio de su proceso de producción para generar electricidad y vender esta a CFE, además de aprovechar la generación de electricidad para sustituir 3 turbinas de vapor por motores eléctricos de altas potencias con controladores de velocidad por variación de frecuencia

Contar con un sistema integral de control y administración de la energía del ingenio incluyendo el intercambio de esta con CFE.

**PASO 2.-Ubicación del sistema**

**a) Ubicación sectorial**

La actividad Industrial en el Estado de Nayarit está cubierta fundamentalmente por las agroindustrias tabacaleras en la costa y azucarera en el altiplano, integrada por el Ingenio el molino e Ingenio de puga: cuyas zonas de abastecimiento se intercalan en una gran proporción. Por sus características, el ingenio azucarero Puga S.A. de C.V. forma parte de dos sectores; el agrícola y el industrial

**b) Ubicación espacial**

El Ingenio de Puga S. A. de C.V. está ubicado en el poblado de Francisco I. Madero, municipio de Tepic en el estado de Nayarit, su zona de abastecimiento se establece actualmente en 21,600 hectáreas, en los municipios de: Tepic, Jalisco, Santa María del Oro, Compostela, San Pedro Lagunillas y Ahuacatlán.

**c) Ubicación temporal**

Inició sus actividades como trapiche en el año 1620 siendo su fundador Don Félix Velázquez de Puga de quién deriva su nombre.

En el año de 1846 fue adquirido por Don José María Castellanos de Llano, quién construyo lo que hoy se conoce como "Casa Hacienda"; pero fue hasta 1906 con la adquisición de equipo y maquinaria holandesa que se constituyó en un Ingenio importante por su producción de azúcar.

Posteriormente el Ingenio perteneció a Don Juan Aguirre quién lo vendió en 1940 a Don Manuel Suárez y en 1978 pasó a constituir parte del sector oficial a través de la paraestatal Azúcar S.A.

Hasta la década de los 70's el Ingenio de Puga era considerado como una industria pequeña que producía un promedio de 35,000 Toneladas de Azúcar con una molienda del orden de las 400,000 Toneladas de Caña por zafra.

La década de los 80's registra los esfuerzos por la administración del gobierno federal para elevar la producción de la empresa, incrementando los rendimientos del campo; aunque no sucedió así con la eficiencia general de la fábrica.

A partir de 1988 año en que fue adquirido por CONSORCIO AGA su actual propietario el Ingenio de Puga S.A. de C.V., a través de un programa de desarrollo sustentado es uno de los ingenios con mayor rendimiento en México. Las modificaciones realizadas a su planta industrial en los últimos años incrementaron sustancialmente su capacidad de procesamiento, estableciéndose con esto las condiciones del campo y el desarrollo general de la empresa.

En los datos de producción registrados en los últimos 10 años se manifiestan los importantes esfuerzos para elevar la producción y eficiencia de la empresa en su conjunto, merced a inversiones de gran envergadura como la puesta en marcha de eficientes controles operativos y el uso de nuevas técnicas y tecnologías que han permitido el incremento de los parámetros trazados como la reciente puesta en marcha de una refinería con tecnología de punta durante el año 2000, que ha venido a elevar la calidad de nuestro producto.

La refinería inicio sus operaciones en el mes de enero del 2000, con buenas expectativas de producción y calidad, con lo cual podemos satisfacer las exigencias actuales del mercado nacional e internacional.

### **PASO 3.- Análisis del entorno**

#### **a) Análisis interno**

Generar energía eléctrica utilizando los desechos de biomasa del ingenio como combustible, es una actividad que no se desvía del proceso general de producción de azúcar, lo cual nos permite que la incorporación del nuevo proceso se integre más fácilmente que otro sistema de generación, por ejemplo eólica o solar.

##### **▪ Proceso general**

El azúcar puede obtenerse principalmente a partir de la caña de azúcar y la remolacha azucarera. Para su obtención se requiere de un largo proceso, desde que la semilla de caña germina hasta que el azúcar se comercializa nacional e internacionalmente.

A continuación se detalla el proceso en la fábrica.

La caña del campo se muestrea para determinar las características de calidad y el contenido de sacarosa, fibra y nivel de impurezas.

La caña de azúcar se recibe en las básculas electrónicas, se pesa y posteriormente se traslada al batey<sup>1</sup>, en donde se prepara para la molienda.

En el Batey se determina si se almacena temporalmente o se ingresa a las mesas de alimentación de caña para ser llevada al conductor principal del molino.

Posteriormente pasa a los molinos donde se realiza la extracción del jugo.

---

<sup>1</sup> patio de recepción

La extracción del jugo comienza con la alimentación al molino con la caña de azúcar, que pasa por el nivelador del conductor de caña; el cual está montado sobre unos ejes colocados a la entrada del conductor este es accionado por una turbina alimentada por vapor, provisto de fragmentos de placas metálica cuya función es mantener un nivel constante de caña.

Posteriormente se encuentra el llamado Juego de cuchillas con la característica que las cuchillas giratorias cortan las cañas en astillas de regular tamaño para facilitar el paso por la desfibradora cuya función es romper las astillas recibidas facilitando la extracción del jugo en el tándem de los molinos.

El jugo extraído se denomina "guarapo" el cual pasa por un proceso de alcalización a través del cual se eliminan todas las impurezas que contiene en forma de sales insolubles y coloides. Una vez alcalizado se procede a clarificarlo, removiendo las materias en suspensión, dejando el jugo libre de sedimentos, listo para el proceso de evaporación en el que se elimina el agua del jugo clarificado, obteniendo así la meladura o concentrado de jugo.

La meladura pasa a unos evaporadores, en donde se eliminara el resto del agua presente. El proceso se da en evaporadores de múltiples efectos al vacío, que consisten en una solución de celdas de ebullición dispuestas en serie. El jugo entra primero en el preevaporador y se calienta hasta el punto de ebullición. Al comenzar la ebullición se generan vapores los cuales sirven para calentar el jugo en el siguiente efecto, logrando así al menor punto de ebullición en cada evaporador. En el proceso de evaporación se obtiene el jarabe o meladura.

La meladura se convierte por una parte en cristales de sacarosa de 99.5 grados de pureza y por la otra en miel. Ambas partes son separadas a través de máquinas centrífugas que giran hasta 1,800 revoluciones por minuto. La miel reprocesada hasta lograr su agotamiento convirtiéndose en miel final o melaza. El cristal húmedo obtenido en esta etapa, el cual se conoce como mascabado, pasa como tal al proceso de refinado. En el caso de que el jugo alcalizado sea tratado con vapores de dióxido de azufre se obtiene entonces el azúcar estándar. El azúcar mascabado se funde y cuele para eliminar cualquier sólido que pudiera contener. Se le agrega cal y ácido fosfórico para obtener una suspensión de fóculos en el azúcar fundido. Posteriormente se clarifica y filtra para quitar las impurezas y obtener un licor

de color claro. Este licor de azúcar es decolorado mediante la adsorción de las sustancias colorantes en columnas de carbón o bien tratado con carbón pulverizado. El licor clarificado y decolorado pasa a unos evaporadores simples llamados tachos en donde se cristaliza, obteniendo una mezcla llamada templa. Esta mezcla es separada en cristales y siropes a través de centrifugas. Los cristales de azúcar de 100 grados de pureza son secados y envasados en sacos de 50 kg. La azúcar refinada está lista para ser almacenada, transportada y comercializada.

El azúcar húmedo se transporta por elevadores y bandas para alimentar las secadoras que son elevadores rotatorios en los cuales el azúcar se coloca en contacto con el aire caliente que entra en contracorriente. El azúcar debe tener baja humedad, aproximadamente 0.05 %, para evitar los terrones. El azúcar se seca con temperatura cercana a 60°C, se pasa por los enfriadores rotatorios inclinados que llevan el aire frío en contracorriente, en donde se disminuye su temperatura hasta aproximadamente 40-45°C para conducir al envase. El azúcar seca y fría se empaca en sacos de diferentes pesos y presentaciones dependiendo del mercado y se despacha a la bodega de producto terminado para su posterior venta y comercio. El azúcar se clasifica dependiendo de los procesos aplicados a la extracción y el gusto del consumidor: Crudo, mascado o morena: se produce con cristales de tamaño y conserva una película de melaza que envuelve cada cristal. Blanco directo o directo especial: se producen por procesos de clarificación y su producción final se logra en una sola etapa de clarificación. El Refinado: se cristaliza dos veces con el fin de lograr su máxima pureza.

- **Proceso complementario**

En los ingenios azucareros una vez que se ha extraído el jugo de la caña, se obtienen como subproducto el bagazo, el cual es una materia fibrosa remanente. Este bagazo siempre ha sido utilizado como combustible para alimentar a las calderas que proveen vapor para las necesidades de la planta.

La utilización final del vapor es en los equipos evaporadores que concentran el jugo de la caña de azúcar, incrementando su viscosidad hasta que finalmente se convierte en azúcar. Sin embargo, es práctica común de los ingenios generar vapor a una presión más alta de la

necesaria para los procesos de evaporación y utilizar este vapor de más alta presión para mover accionamientos de turbinas correspondientes a los molinos de caña y a grupos turbogeneradores, obteniendo así energía eléctrica para satisfacer las necesidades de la fábrica y otras áreas del ingenio.

La solución desarrollada en este proyecto comienza con el mejoramiento en el grupo de calderas, incorporando una mayor eficiencia y más alta presión, con el objetivo de obtener mayor cantidad de energía térmica del recurso de bagazo disponible.

Posteriormente se incrementó la capacidad de generación de energía eléctrica de ingenio adquiriendo dos grupos turbogeneradores, uno a contrapresión – extracción y el otro a condensación. De mayor tamaño y más eficientes que el existente hasta esa fecha en el ingenio.

Con los cambios propuestos se buscará mejorar índices de productividad de la planta, tales como el porcentaje de utilización del bagazo, eficiencia energética del área de calderas y potencia de energía eléctrica generada.

### **b) Análisis externo**

La caña de azúcar ha sido sin lugar a dudas uno de los productos de mayor importancia para el desarrollo comercial en el continente americano y europeo. El azúcar se consume en todo el mundo, puesto que es una de las principales fuentes de calorías en las dietas de todos los países.

#### **▪ Marco regulatorio**

El marco regulatorio del sector eléctrico mexicano tiene como fundamento los Artículos 25, 26, 27 párrafo sexto, 28, 73, 74, 90, 108, 110, 123 y 134 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Por su parte, los principales ordenamientos legales derivados de la norma fundamental que regulan la prestación del servicio público de energía eléctrica y a la CFE son:

- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, que es el ordenamiento principal de esta materia, la cual regula propiamente la prestación del servicio público de energía eléctrica así como la organización y funcionamiento de la CFE, constituyéndose en su ley orgánica.
- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, por cuanto se refiere a la asignación de facultades de las secretarías de Estado particularmente a la Secretaría de Energía y el reconocimiento y ubicación estructural de las entidades paraestatales.
- Ley de la Comisión Reguladora de Energía, que regula las actividades y organización de dicha comisión así como sus facultades.

Instrumentos de regulación para fuentes de energía renovable:

- Contrato de interconexión
- Contrato para el servicio de transmisión de energía eléctrica
- Contrato de respaldo de energía eléctrica
- Contrato de compra venta de energía eléctrica

▪ **Barreras tecnológicas**

Cambios que se deben implementar

- Modificación de las fábricas para el uso de vapor más eficiente.
- Instalación de calderas y turbos de mayor presión.
- Sustitución de turbinas pequeñas de vapor, por motores eléctricos
- Operaciones de la fábrica de azúcar más estable.
- Inversión en instrumentación y automatización.
- Aprovechamiento de la Energía Solar

c) **Matriz FODA**

Partiendo del hecho de que el análisis FODA nos permite obtener una "fotografía" del estado actual y es necesario tener el punto de partida para conocer cuáles pueden ser las estrategias a seguir para lograr conducir a la organización a su estado deseado. A continuación se presenta la matriz FODA del Ingenio PUGA (Tabla 4.1)

**Tabla 4.1.- Matriz FODA**

<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Un buen equipo de trabajo.</i></li> <li>• <i>Sólida Estructura Organizacional.</i></li> <li>• <i>Sistema de Gestión de Calidad</i></li> <li>• <i>Sistema de Información Geográfica.</i></li> <li>• <i>Cuentan con mano de obra calificada.</i></li> <li>• <i>Procesos de Cosecha Automatizados (Cosecha Mecanizada).</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Mejorar la Materia prima.</i></li> <li>• <i>Optimizar los Periodos de Zafra.</i></li> <li>• <i>Aprovechar de forma adecuada las condiciones climáticas.</i></li> <li>• <i>Buscar beneficios de la relación con el sector industrial cañero.</i></li> </ul>
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Arraigo de Costumbres.</i></li> <li>• <i>Oposición al cambio.</i></li> <li>• <i>Alta politización de los trabajadores.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Incumplimientos de la Legislación cañera.</i></li> <li>• <i>Tratado de Libre Comercio.</i></li> <li>• <i>Créditos Insuficientes al campo.</i></li> <li>• <i>Quemas accidentales.</i></li> <li>• <i>Frontera Agrícola.</i></li> </ul>

Fuente: el autor

### **Fortalezas**

#### 1. Equipo de trabajo

Reúne los requisitos de experiencia, conocimiento, técnicos, operativos y administrativos de campo y espíritu de trabajo en equipo.

## 2. Estructura organizacional

No obstante los reajustes de personal, se cuenta con la estructura técnica mínima necesaria para el funcionamiento del área de campo.

## 3. Sistema de gestión de calidad (SGC)

La implementación y seguimiento del SGC, permite trabajar de manera ordenada, Disciplinada y sistemática para la satisfacción de cliente

## 4. Sistema de información geográfica (SIG)

Nos facilita el control de siembras, variedades, labores, fertilización, plagas, estimado, cosecha, presupuestos, etc.

## 5. Mano de obra

La mano de obra que se requiere para las Labores propias del campo, existe en la Región haciendo innecesario traer recursos Foráneos y elevar los costos

## 6. Cosecha mecanizada

El 100% del abasto de caña proviene del alce mecánico (alzadora), lo que permite que Este sea oportuno y suficiente.

### **Debilidades**

#### 1. Idiosincrasia

- arraigo de costumbres
- tradiciones
- politización

#### 2. Desequilibrio varietal

Al no cumplirse los programas de siembras por variedad impide balancear el campo.

## Oportunidades

### 1. Planeación

La planeación congruente a la problemática que guarda el campo permitirá el máximo aprovechamiento de los recursos disponibles.

### 2. Calidad de materia prima

El apego a las características agroindustriales de la caña de azúcar como materia prima para su industrialización, como lo son caña limpia, fresca y madura serán factores determinantes en los buenos resultados.

### 3. Periodo óptimo de zafra

De acuerdo a la curva normal de madurez (% sacarosa), el período óptimo de molienda debe contemplar su inicio en la primera semana del mes de diciembre y de concluir la segunda semana de mayo.

### 4. Condiciones climáticas

Precipitación anual adecuada.

### 5. Relación sector industrial cañero

La relación sector industrial-cañero es Cordial, lo cual permite tomar acciones En beneficio mutuo.

## Amenazas

### 1. Legislación cañera

La abrogación del decreto cañero para dar paso a la "ley de desarrollo sustentable", ha enrarecido el ya de por sí politizado ambiente cañero.

### 2. Tratado de libre comercio

Al abrir las fronteras a la fructosa, el azúcar que se produce en México queda en Desventaja, más aún si se consideran los altos costos de producción.

### 3. Créditos al campo

El que estos sean insuficientes e inoportunos, limitan la aplicación correcta del paquete tecnológico al campo y al mismo tiempo su crecimiento vertical ton/ha, azuc/ha y siembras por variedad.

### 4. Quemadas accidentales

Son originadas, principalmente por cortadores para lograr incrementos a las tarifas del corte y en menor grado productores con el fin de anticipar su corte.

### 5. Frontera agrícola

La colindancia con ingenios vecinos, crecimiento de la zona urbana, establecimiento de granjas agrícolas, industrias. Etc., compiten por área cultivable disminuyendo la zona de influencia y de abasto.

Después de enunciar cada una de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de la organización en cuestión infiero la aplicación de las siguientes estrategias que se encuentran en la intersección de cada uno de estos cuatros documentos básicos (Tabla 4.2).

**Tabla 4.2.-Estrategias a partir de la Matriz FODA**

	<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
<b>Fortalezas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La planeación, el SIG y el SGC, permite la mejora continua en cada uno de los procesos de producción.</li> <li>• La cosecha mecanizada y la mano de obra local facilitan la reducción de costos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimizar y hacer eficientes los procesos usando el SGC y la planeación nos ayuda mejorar la calidad de los productos.</li> <li>• Automatización de los procesos que nos permita reducir costos.</li> </ul>
<b>Debilidades</b>	<p>El tratamiento de los residuos que genera el ingenio permitirá:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generar electricidad incrementará los ingresos que pueden ayudar para abatir costos en otras áreas.</li> <li>• Poder reincorporar algunos de estos a la tierra como abono, esto mejorará la calidad de la cosecha.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La ley del desarrollo sustentable, ayuda al cumplimiento de programación de siembra y reducir el desequilibrio varietal</li> <li>• La incorporación de nuevas industrias permite que gente de otras regiones y de otras ideas interactúen con la población, lo que facilita la incorporación de programas para cambiar la idiosincrasia local.</li> </ul>

Fuente: el autor

**PASO 4.- Análisis de Porter**

El análisis de Porter no aplica en este caso en específico porque no se efectuará el estudio partiendo del supuesto de que en la primera fase de implantación de las estrategias para conducir a la empresa del estado actual a su estado deseado, la planta de autoabastecimiento no se comportará como una nueva unidad de negocio del Ingenio de PUGA.

**PASO 5.- Determinación de estrategias**

**a) Horizonte - ¿a dónde se quiere llegar?**

1. La primera fase es llegar a ser autosuficientes para satisfacer la demanda de energía eléctrica del Ingenio Azucarero.
2. La segunda fase es vender Energía Eléctrica al Sector Eléctrico Nacional.
3. La tercera fase es vender vapor a empresas que requieran este suministro para llevar a cabo sus procesos.

**b) Metas - ¿qué se quiere lograr?**

A través del uso eficiente y racional de los recursos con los que actualmente cuenta el Ingenio de PUGA y con la adquisición de maquinaria y equipo que aprovechen los residuos de su proceso principal, otorgar autoabastecimiento de energía eléctrica a todas las instalaciones.

Y como consecuencia de lo anterior obtener un incremento en la utilidad integrada del Ingenio, conduciéndolo a ser un negocio más rentable.

**PASO 6.-Diagnóstico energético**

Este diagnóstico del consumo de energía eléctrica promedio por mes, contempla el suministro a los servicios propios de las instalaciones (alumbrado y contactos, bombas de agua para los sanitarios) además de del suministro a todos los equipos de proceso (motores eléctricos, compresores, elementos de ignición de las calderas, etc.).

**a) Consumo mensual**

El ingenio consume una carga de 7.1 a 7.5 MW.

**PASO 7.- Determinación de escenarios**

La determinación de los escenarios para este caso en particular, no es tan compleja debido que son instalaciones existente y por tanto ya se cuenta actualmente con un contrato con la Compañía Suministradora.

**1. Contrato con la compañía suministradora**

Ingenio PUGA, ya cuenta actualmente con uno; por lo que no es necesario realizar este análisis.

**a) Tensión de operación**

La distribución principal de energía de la planta se realiza en 13.8 kV, tienen cargas principales en 4.16 kV y la distribución a equipos secundarios y servicios propios de las instalaciones en 220/127 VCA.

**b) Número de acometidas**

Actualmente sólo se cuenta con una acometida por parte de CFE.

**c) Confiabilidad y flexibilidad del sistema**

Actualmente la operación de todos los equipos del proceso dependen al 100% del suministro por parte de CFE; por lo que, no existe flexibilidad del sistema y la confiabilidad depende del programa de mantenimiento (programado, preventivo y correctivo) de la compañía suministradora.

## **2. Autoabastecimiento: planta propia**

De acuerdo a la necesidades del Ingenio y a la factibilidad de utilizar sus residuos del proceso central, se torna en una forma a priori atractiva la posibilidad de instalar una planta de generación de energía eléctrica con base en una caldera conectada a una turbina de vapor que utilice como combustible el bagazo de caña y que a su vez este acoplada a un turbogenerador de electricidad.

### **a) Procesos complementarios a la planta**

Debido a que los residuos del proceso principal del Ingenio, pueden ser utilizados directamente como combustible, sin un tratamiento previo el proceso complementario sería en si la instalación de una planta de generación.

Es decir, la generación de energía eléctrica basada únicamente en los insumos que se obtienen a través del proceso actual de Ingenio, sería en un principio el proceso complementario. No obstante se podría incrementar la importancia de la posible venta de excedentes de electricidad a las utilidades del total de actividades productivas.

### **b) Tecnologías de generación**

Las tecnologías de generación aplicables a este caso, son: únicamente las que tengan como base la combustión del bagazo de caña. Es decir, deben ser plantas térmicas de que permitan que el manejo del bagazo de caña en su cámara de combustión.

Por lo descrito anteriormente, las plantas enfocadas a la cogeneración (vapor-electricidad), son las indicadas para este proyecto.

Se recomienda el uso de una caldera de agua para la combustión de los residuos del Ingenio y suministrar con este vapor caliente darle movimiento a los alabes de una turbina de vapor, que esta última a su vez este acoplada con un generador de energía eléctrica. Con la bondad de poder dirigir el vapor saliente de la turbina a un recuperador de calor (HRSG: Heat

Recovery Steam Generator) y poder aprovechar este vapor para otro proceso; ya sea del Ingenio o para venta a otra empresa.

### ***c) Capacidad instalada requerida***

La integración con CFE se efectuará mediante la apertura de una línea de transmisión de 115 kV (AGM 73760) que será derivada hacia la subestación maniobras del ingenio quedando con arreglo en anillo en dicha subestación.

No se contempla la operación en paralelo de los turbogeneradores existentes con el nuevo turbogenerador.

### ***d) Equipos***

Los equipos a utilizar para el proyecto de suministro eléctrico son los siguientes:

- TURBOGENERADOR
- TRANSFORMADORES DE POTENCIA
- TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN
- TRANSFORMADOR DE POTENCIAL
- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
- BANCO DE RESISTENCIAS
- CENTRO DE CONTROL DE MOTORES EN 480 V
- TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN EN 220 V
- TABLERO DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN 13.8 KV
- TABLERO DEL BUS DE SINCRONIZACIÓN EN 13.8 KV
- TABLERO DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN 4.16 KV
- TABLEROS DE PROTECCIÓN TG Y TURBINA
- APARTARRAYOS TIPO ESTACIÓN
- BANCO Y CARGADOR DE BATERÍAS

### ***3. Autoabastecimiento: sociedad comercial***

Debido a la ubicación geográfica, esta opción no es factible, pues no hay empresas industrias cercanas al ingenio.

Además los niveles de producción de gabazo no son los suficientemente altos como para garantizar la capacidad de suministro eléctrico a otra empresa por medio de porteo, y la legislación vigente prohíbe suministrar de energía a las poblaciones cercanas.

***Tipos de sociedad***

No aplica este concepto para este caso en específico.

***a) Permisos de porteo***

No aplica este concepto para este caso en específico.

***b) Equipos de distribución***

No aplica este concepto para este caso en específico.

***PASO 8.- Estudio de Factibilidad***

***1) Estudio de mercado***

El estudio de Mercado no aplica en este caso en específico; porque en esta primer fase no estoy planteando la posibilidad de realizar una sociedad para poder compartir los excedentes de energía eléctrica con otras empresas. Es decir, en caso que se pensará en generar una mayor cantidad de electricidad de la requerida para satisfacer integralmente las necesidades de la planta. Y en la segunda fase de implantación de las estrategias, planteo que los excedentes de electricidad sean vendidos a la Comisión Federal de Electricidad y no a un particular, por lo que no se justifica dicho estudio como alcance de este trabajo de investigación.

***2) Evaluación técnica***

Debido que el Ingenio PUGA cuenta actualmente con un contrato con CFE y se descartó la posibilidad de formar un convenio de sociedad para compartir energía eléctrica, sólo se evaluará la opción de instalar una planta de generación de electricidad propia.

**a) Infraestructura y equipo actual disponible**

Actualmente no se cuenta con infraestructura útil directamente para las planta de generación, no obstante la infraestructura para el manejo de los residuos del proceso central del ingenio son útiles para los insumos de la nueva caldera.

Por otra parte no es necesario adquirir nuevos terrenos; ya que el proyecto se construirá en el predio de PUGA.

Conduciendo los residuos del Ingenio (bagazo de caña) a la caldera, se considera que es suficiente para proveer de la cantidad y características suficientes y necesarias para poder generar la cantidad de energía requerida para la Planta de proceso.

**b) Ingeniería del proyecto**

Obra Civil: Terracerías fosa recolectora para derrames, Cimentación de estructuras mayores y menores, Base para transformador, módulo híbrido, Cuarto de control, Trincheras de comunicación, Registros, Cerca perimetral, Excavaciones para red de tierras, canalizaciones de alumbrados, según la Ingeniería Civil desarrollada por el proveedor y aprobada por PIASA. Otras edificaciones: caseta de CFE, caseta de medición de CFE, caseta planta de emergencia, seguridad física, sistema contra incendio, instalación hidro-sanitaria, demoliciones y/o reubicaciones, trincheras, ductos y registros. Control y fuerza, removimiento y relleno de tierra.

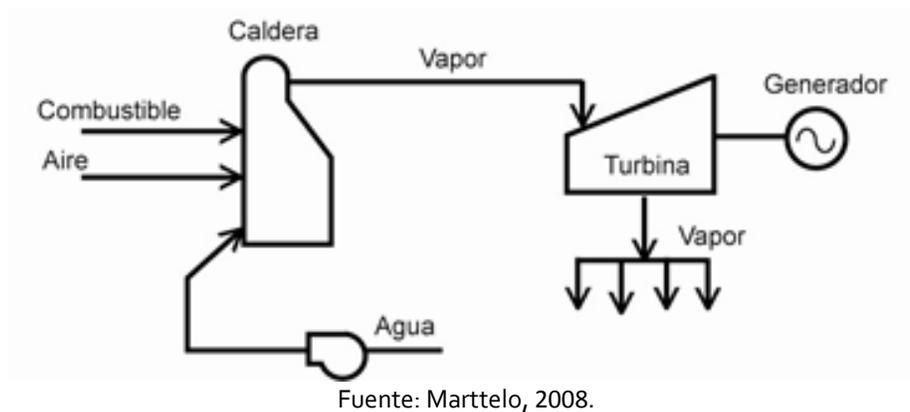
Montaje e instalación de equipos: Montaje e instalación de los equipos que constituyen la subestación eléctrica por parte de personal especializado, así como los equipos e instalaciones auxiliares para su total y correcto funcionamiento.

Puesta en servicio de la subestación 115/13.8: Pruebas de rutina preoperativas de equipos principales, esquemas de protección, control y medición, protocolo de pruebas, todo esto realizado por personal especializado para todos los equipos; INLCUIDA LA CAPACITACIÓN A PERSONAL DESIGNADO.

▪ **Tecnología**

El Ciclo de cabecera “topping” (ver figura 4.1), es el tipo de cogeneración más usado en los ingenios azucareros, pues en el primer eslabón se genera energía eléctrica a partir de la energía química de un combustible o de la energía térmica generada, el denominado calor residual es suministrado a otros procesos en el segundo eslabón. La ventaja de estos sistemas es mayor mientras más bajas sean las presiones y temperaturas de la energía térmica requerida.

**Figura 4.2.- Ciclo de cabecera**



Una típica instalación de este tipo está configurada por una caldera convencional, donde se quema el combustible y genera un vapor de alta presión y temperatura, y una turbina de vapor de contrapresión o de condensación con extracciones, donde se aprovecha parte de la energía del vapor para generar energía mecánica y eléctrica, antes de pasar a ser utilizado en el proceso productivo.

▪ **Equipos**

**Tabla 4.3.- Lista de equipos Ingenio Puga**

<i>Equipo</i>	<i>Capacidad</i>
<i>Turbogenerador</i>	<i>37.5 MW</i>
<b><i>Subestación Eléctrica</i></b>	
<i>Transformador de Potencia</i>	<i>25 MVA, 115/13.8 kV</i>
<i>Bus de Potencia (Principal)</i>	<i>115 kV, 3F, 3H</i>
<i>Interruptores de Potencia</i>	<i>1,200 A</i>

**Tabla 4.2.- Lista de equipos Ingenio Puga (Continuación...)**

<b>Subestación Eléctrica</b>	
Cuchillas	123 KV
Cuchillas de Puesta a Tierra	123 KV
Apartarrayos	96 KV
Transformadores de Potencial Inductivos	115 KV
Transformadores de Corriente Inductivos	115 kV
<b>Metal Clad 13.8kV</b>	
Tablero tipo Metal Clad	8 secciones
Bus de Distribución	13.8 kV, 1,600 A, 3F,3H
Interruptores de Potencia	13.8 kV, 1,600 A
Panel de Alarmas	
Buses Auxiliares de 220/127 VCA y 125 VCD	
Interruptores termomagnéticos para alimentación de buses auxiliares	
Combinación Termostato-resistencia calefactora por cada sección	
Bus de comunicación (field bus, mod bus, rs485, optic fiber, etc.)	
<b>Tablero de Distribución 13.8 kV</b>	
Tablero tipo Metal Clad ó Metal Enclosed	7 secciones
Bus de Distribución	13.8 kV, 1,200 A, 3F,3H
Interruptores de Potencia	13.8 kV, 1,200 A
Variadores de Velocidad por Frecuencia	
Buses Auxiliares de 220/127 VCA y 125 VCD	
Interruptores termomagnéticos para alimentación de buses auxiliares	
Combinación Termostato-resistencia calefactora por cada sección	
Bus de comunicación (field y mod bus, rs485, optic fiber, etc.)	
<b>Transformadores de Distribución</b>	
Transformador inmerso en aceite mineral	4.5 MVA, 13.8/4.16 kV, 55/65 °C
Transformador inmerso en aceite mineral	10 MVA, 13.8/4.16 kV, 55/65 °C
Transformador inmerso en aceite mineral	500 kVA, 4.16/0.48 kV, 55/65 °C
Transformador tipo seco	215 kVA, 480/220-127 V, 80 °C
<b>Tablero de Distribución 4.16 kV</b>	
Tablero tipo Metal Clad ó Metal Enclosed	12 secciones
Bus de Distribución	4.16 kV, 1,600 A, 3F,3H
Interruptores de Potencia	4.16 kV, 1,600 A
Interlock Eléctricos para Transferencia Manual-Automática	
Variadores de Velocidad por Frecuencia	
Buses Auxiliares de 220/127 VCA y 125 VCD	
Interruptores termomagnéticos para alimentación de buses auxiliares	
Combinación Termostato-resistencia calefactora por cada sección	
Bus de comunicación (field bus, mod bus, rs485, optic fiber, etc.)	

**Tabla 4.2.- Lista de equipos Ingenio Puga (Continuación...)**

<b>Centro de Control de Motores 480 V (CCM)</b>	
<i>Tablero tipo Metal Enclosed</i>	6 secciones
<i>Bus de Distribución</i>	480 V, 800 A, 3F,4H
<i>Interruptores Electromagnéticos</i>	480 V, 800 A, 3F,4H
<i>Arranadores a Tensión Plena No Reversible.</i>	
<i>Combinaciones Contactor-Fusible</i>	
<i>Buses Auxiliares de 220/127 VCA y 125 VCD</i>	
<i>Interruptores termomagnéticos para alimentación de buses auxiliares</i>	
<i>Combinación Termostato-resistencia calefactora por cada sección</i>	
<i>Bus de comunicación (field bus, mod bus, rs485, optic fiber, etc.)</i>	
<b>Tablero de Distribución 220 V</b>	
<i>Tablero de Montaje en Pared</i>	220-127 V
<i>Interruptores termomagnéticos</i>	220-127 V
<b>Motores</b>	
<i>Motores Inverse Duty</i>	13.8 kV
<i>Motores Inverse Duty</i>	4.16 kV
<i>Motores de Inducción, Tipo Jaula de Ardilla</i>	480 V

Fuente: El autor a partir de información proporcionada por ingenio PUGA.

▪ **Obras de Ingeniería**

Obra Civil: Terracerías fosa recolectora para derrames, Cimentación de estructuras mayores y menores, Base para transformador, módulo híbrido, Cuarto de control, Trincheras de comunicación, Registros, Cerca perimetral, Excavaciones para red de tierras, canalizaciones de alumbrados, según la Ingeniería Civil desarrollada por el proveedor y aprobada por PIASA.

Montaje e instalación de equipos: Montaje e instalación de los equipos que constituyen la subestación eléctrica por parte de personal especializado, así como los equipos e instalaciones auxiliares para su total y correcto funcionamiento.

Puesta en servicio de la subestación 115/13.8: Pruebas de rutina preoperativas de equipos principales, esquemas de protección, control y medición, protocolo de pruebas, todo esto realizado por personal especializado para todos los equipos; INLCUIDA LA CAPACITACIÓN A PERSONAL DESIGNADO POR PIASA

- **Análisis de insumos**

Para nuestro proyecto se necesitan 5 insumos básicos:

1. Bagazo de caña
2. Energía térmica
3. Agua
4. Vapor

- **Servicios públicos**

Los servicios públicos básicos para el proyecto son:

1. Carreteras
2. Suministro eléctrico
3. Agua potable

- **Mano de obra**

A pesar del incremento de industrias en zonas cercanas al ingenio, la mano de obra que se requiere para las labores propias del campo, existe en la región y en época de zafra puede contarse con trabajadores de los municipios vecinos.

El establecimiento de industrias permitió que se establecieran en la región más personas con la preparación suficiente que pueden integrarse en el proceso de generación de electricidad del ingenio.

**Tabla 4.4.- Datos de jornal**

	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<i>Mano de obra en campo costo bajo</i>	2.2	\$/día
<i>Mano de obra en campo costo medio</i>	4.0	\$/día
<i>Mano de obra en campo costo alto</i>	23	\$/día
<i>Horas por jornal</i>	6	h/día
<i>Número de jornales por año</i>	250	día/año

### **3) Evaluación económica - financiera**

#### **a) Presupuestos y programa de inversiones y fuentes de financiamiento.**

Incentivos para desarrollar proyectos con energías renovables

##### *1. Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética*

En el Artículo 27° de esta nueva Ley, se hace mención a la creación de un nuevo fondo, con fin de promover los objetivos de la Estrategia, dicho artículo se cita a continuación:

“Se crea el Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

El Fondo contará con un comité técnico integrado por representantes de las Secretarías de Energía, quien lo presidirá, de Hacienda y Crédito Público, de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de la Comisión Federal de Electricidad, del Instituto Mexicano del Petróleo, del Instituto de Investigaciones Eléctricas y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

El comité emitirá las reglas para la administración, asignación y distribución de los recursos en el Fondo, con el fin de promover los objetivos de la Estrategia.

Asimismo, con el propósito de potenciar el financiamiento disponible para la transición energética, el ahorro de energía, las tecnologías limpias y el aprovechamiento de las energías renovables, el comité técnico a que se refiere este artículo, podrá acordar que con cargo al Fondo se utilicen recursos no recuperables para el otorgamiento de garantías de crédito u otro tipo de apoyos financieros para los proyectos que cumplan con el objeto de la Estrategia”.

## *2.Fondo Verde*

El Fondo Verde, es una propuesta del Gobierno Federal para la creación de un Fondo Mundial contra el Cambio Climático.

La iniciativa, tiene cuatro objetivos específicos<sup>2</sup>:

1. Fomentar acciones de mitigación
2. Apoyar la adaptación a los efectos adversos del cambio climático
3. Promover la transferencia y difusión de tecnologías
4. Contribuir a sustentar, financieramente, el nuevo régimen climático global.

Con el Fondo Verde se busca ampliar la participación de todos los países que llevan a cabo acciones a favor de un desarrollo limpio, así como sustentar, financiera y tecnológicamente, las medidas de mitigación y adaptación al calentamiento global, considerando integrar un primer fondo de por lo menos mil millones de dólares y comenzar a incrementar estas participaciones, el cual estaría regido por Naciones Unidas a través del Banco mundial o el Banco Interamericano de Desarrollo. Se pretende que este ahorro reciba aportaciones de todos los países involucrados y se encuentre disponible internacionalmente, de manera que los países que adquieran préstamos puedan desarrollar proyectos a cualquier escala de mitigación de emisiones medibles o certificadas.

La importancia de esta propuesta de ahorro, es que además de tener las ventajas mencionadas, la iniciativa proviene de un país no desarrollado (México) y que motiva a otras economías emergentes a un desarrollo sustentable, a la par de economías crecientes, con el uso de nuevas tecnologías y tecnologías limpias por medio de un financiamiento. Otro detalle importante es que el Protocolo de Kioto no contempla todas las escalas de los proyectos, por lo que este fondo puede servir para conseguir los objetivos conjuntos de contrarrestar el cambio climático.

La propuesta fue presentada el 25 de mayo de 2008, en la reunión de ministros de Medio Ambiente en Kobe, Japón. Fue recibida con agrado por parte de los representantes de los

---

<sup>2</sup> Comunicado emitido por la SEMARNAT el 21 de mayo de 2008, página electrónica de la SEMARNAT.

países G-8<sup>3</sup> y G-5<sup>4</sup>, se espera que el pacto con las demás economías emergentes pueda concretarse en la Conferencia de Naciones Unidas contra el Cambio Climático, en 2009, en Copenhague, Dinamarca.

### *3. Mecanismos de Desarrollo Limpios*

El Protocolo de Kioto define en su Artículo 12 los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL). Los MDL permiten emprender proyectos de reducción de emisiones de gases efecto invernadero, en países en desarrollo para ganar créditos de Reducciones Certificadas de Emisiones (RCE) o bonos de carbono, cada uno equivalentes a una tonelada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Estos RCE pueden ser comercializados y vendidos, y usarse por los países industrializados para satisfacer parte de su reducción de emisiones que se trazaron como objetivo en el Protocolo de Kioto.

Los mecanismos ayudan a lograr un desarrollo sustentable y una reducción de emisiones en los países en desarrollo, mientras les da a los países industrializados un poco de flexibilidad en cómo llegan al objetivo planteado.

Los proyectos se deben de evaluar a través de un riguroso y público registro, y emitir un proceso diseñado para asegurar autenticidad, es decir, que las reducciones de emisiones adicionales sean medibles y comprobables respecto a cómo podría haber sido sin el proyecto. Los mecanismos están vigilados por la Junta Ejecutiva del MDL de las Naciones Unidas, la cual tiene la última respuesta a aquellos países que ratificaron el Protocolo de Kioto.

---

<sup>3</sup> Grupo de los 8, formado por Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón, Reino Unido y Rusia.

<sup>4</sup> Grupo de los 5, formado por Brasil, India, China, Sudáfrica y México.

<sup>5</sup> Apartado basado en la información de UNFCCC/CDM International, obtenida de la página electrónica.

## b) Proyección económica

## ▪ Costos

Tabla 4.5.- Datos financieros generales

	Valor	Unidad
<b>Parámetros Generales</b>		
Capacidad instalada	27.5	MW
Capacidad eléctrica neta	22	MW
Eficiencia eléctrica neta	20	%
Días de generación en zafra	175	Días/año
Factor de carga	80	%
Vida útil de la planta	24	Años
<b>Operación y mantenimiento</b>		
Mano de obra en planta	0.25	\$/cent/kWh
Materiales	0.63	\$/cent/kWh
<b>Costo por preparación del combustible</b>		
Astillador	350,000	K\$ <sup>6</sup>
Transformador para astillador	80,000	K\$
Base de concreto para astillador	60,000	K\$
<b>Costos de la turbina de la planta eléctrica</b>		
Turbogenerador	1,101,000	K\$
Mano de obra directa de obra civil turbina	13,000	K\$
Obra civil turbina contractor	574,000	K\$
Mano de obra directa	80,000	K\$
Otros materiales para la instalación	1,110,000	K\$
Costos totales para turbina	2,878,000	K\$
<b>Costos de la caldera</b>		
Caldera 25 kg/s, 41 bar, 400 °C	1,327,000	K\$
Instalación	840,000	K\$
Obra civil	133,000	K\$
Otros equipos	594,000	K\$
Costos totales de caldera	2,894,000	K\$
Costo total de la planta eléctrica	<b>6,262,000</b>	K\$
Costo total de la planta por kWe instalado	227,710	\$/kWe

Podría decirse que ya que el bagazo será utilizado como combustibles para la generación de energía eléctrica y vapor debe de tener un valor monetario, pero ya que el bagazo es un

<sup>6</sup> K\$ (Dólares Constantes): valor del Dólar ajustado para cambio de precios y expresado en términos de un año "constante".

residuo del proceso de fabricación del azúcar no representa un costo para el ingenio, así que por tal motivo para este estudio no le fue asignado costo alguno.

La capacidad neta de energía eléctrica que entregará la planta de generación es de 22 MW, pero parte de dicha electricidad será utilizada por el ingenio para autoconsumo. El consumo de energía eléctrica del ingenio es variable durante el año básicamente se puede dividir en dos periodos, el de la zafra y el de la no-zafra, pero en este análisis preliminar se fijará el consumo a 7.5 MW. De acuerdo a lo anterior tenemos 14.5 MW excedentes que pueden venderse a CFE.

Para calcular el precio al que CFE compra la electricidad a un privado, se toman en cuenta varios factores, como son:

1. Ubicación del nodo eléctrico del que dependen plantas generadoras de energía eléctrica y se establece una tarifa base del costo promedio de producción del kWh.
2. El precio base establecido es castigado en un 80<sup>7</sup>% o 60<sup>8</sup>%.

El precio base es información confidencial, así que para el estudio se tomó la **Tarifa H-MF** (tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más, con cargos fijos), en la región noroeste y horario base (USD \$0.065) para los costos de energía ahorrada por autoconsumo, además de un castigo del 80% para calcular la energía de venta.

---

<sup>7</sup> Este porcentaje es aplicado cuando se avisa la entrega de energía eléctrica con un periodo no menor a 15 días de anticipación.

<sup>8</sup> Este porcentaje es aplicado en caso de no avisarse la entrega de energía eléctrica con 15 días de anticipación.

**Tabla 4.6.- Ingresos por venta de excedentes de energía eléctrica durante la zafra**

	<i>kW/h</i>	<i>kW/día</i>	<i>Tarifa*</i> \$	<i>Gastos de energía eléctrica</i>
Ahorro en consumo del ingenio	7500	180,000	0.065	\$11,700
<b>Excedentes</b>	<b>14,500</b>	<b>380,000</b>	<b>0.052</b>	<b>\$19,760</b>

\*Tarifas tomadas de [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx) y convertidas en dólares

$$\text{Total: } 31,460 \left[ \frac{\$}{\text{día}} \right] \times 175 \text{ [días]} = \$5,505,500$$

**Tabla 4.7.- Ingresos por venta de excedentes de energía eléctrica durante la no-zafra**

	<i>kW/h</i>	<i>kW/día</i>	<i>Tarifa*</i> \$	<i>Gastos de energía eléctrica</i>
Consumo del ingenio	500	12,000	0.065	\$780
<b>Excedentes</b>	<b>21,500</b>	<b>516,000</b>	<b>0.052</b>	<b>\$26,832</b>

\*Tarifas tomadas de [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx) y convertidas en dólares

$$\text{Total: } 27,612 \left[ \frac{\$}{\text{día}} \right] \times 190 \text{ [días]} = \$5,246,280$$

Los ingresos totales anuales son: **\$10, 751,780.00**

Los costos por mantenimiento y operación al día de acuerdo a los datos expresados en la tabla 4.4, son \$4,928.00 y anuales son \$1,798,720.00.

▪ **Flujo de efectivo**

▪ **Tabla 4.8.- Flujo de Efectivo**

<b>t años</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Egresos</b>	<b>al final de periodo</b>	<b>Acumulado</b>
<b>0</b>	\$0.00	\$6,262,000.00	\$6,262,000.00	-\$6,262,000.00
<b>1</b>	\$10,751,780.00	\$1,728,720.00	\$9,023,060.00	\$2,761,060.00
<b>2</b>	\$10,751,780.00	\$1,728,720.00	\$9,023,060.00	\$11,784,120.00
<b>3</b>	\$10,751,780.00	\$1,728,720.00	\$9,023,060.00	\$20,807,180.00
<b>4</b>	\$10,751,780.00	\$1,728,720.00	\$9,023,060.00	\$29,830,240.00

Fuente: el autor

**c) Análisis de rentabilidad**

Para el análisis de rentabilidad de la opción de suministro de construir una planta industrial utilizamos una tasa de interés del 12%, tal como lo establece el COPAR de Generación eléctrica.

Los resultados de nuestra evaluación para determinar la rentabilidad de nuestra opción de suministro son;

▪ **Valor Presente Neto (VPN);**

**21,144,185**

▪ **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

**139.73%**

▪ **Relación Costo/Beneficio**

**4.3766**

▪ **Periodo de recuperación del capital**

**0.69**

- **Análisis de sensibilidad**

Para nuestro análisis de sensibilidad dejamos el costo por construcción de la planta como fijo, pero evaluamos distintos escenarios para observar como variaba la TIR y el VNP (tabla 4.8).

**Tabla 4.8.- Matriz de sensibilidad**

		<b>TIR</b>				
		<i>Incremento en los costos de operación y mantenimiento</i>				
		0%	10%	20%	30%	40%
<i>Disminución en la producción de energía eléctrica</i>	0%	<b>139.73</b>	136.84	133.94	131.04	128.14
	10%	121.67	<b>118.74</b>	115.8	112.86	109.91
	20%	103.33	100.35	<b>97.36</b>	94.36	91.35
	30%	84.61	81.55	78.48	<b>75.39</b>	72.28
	40%	65.32	62.14	58.94	55.71	<b>52.45</b>

		<b>VNP</b>				
		<i>Incremento en los costos de operación y mantenimiento</i>				
		0%	10%	20%	30%	40%
<i>Disminución en la producción de energía eléctrica</i>	0%	<b>29,830,240</b>	29,138,752	28,447,264	27,755,776	27,064,288
	10%	25,529,528	<b>24,838,040</b>	24,146,552	23,455,064	22,763,576
	20%	21,228,816	20,537,328	<b>19,845,840</b>	19,154,352	18,462,864
	30%	16,928,104	16,236,616	15,545,128	<b>14,853,640</b>	14,162,152
	40%	12,627,392	11,935,904	11,244,416	10,552,928	<b>9,861,440</b>

**PASO 9.- Análisis de indicadores**

De acuerdo a la tabla de resultados anterior, podemos concluir que el proyecto de construcción de una planta de generación propia, no tan sólo es técnica y tecnológicamente factible, sino también, económicamente viable. Es decir, tomando como indicadores básicos al VPN y a la TIR, observamos que el VPN es alto y por tanto es una buena decisión de inversión, y como complemento el resultado de la TIR indica que el retorno de la inversión es un periodo muy corto. Partiendo de lo anterior la presentación del proyecto resulta como una opción de inversión muy atractiva.

**PASO 10.- Evaluación de alternativas**

1.- Seguir con su contrato actual con la compañía suministradora de energía

- No se debe hacer ninguna inversión. Por lo que los costos de capital y de operación para el concepto de electricidad son nulos.
- La flexibilidad del sistema es nula
- La confiabilidad del sistema es 100% dependiente de la compañía suministradora

2.- Construir una planta de generación de energía eléctrica

- Los costos de capital se deben a la adquisición de los equipos para integrará a la planta de generación de electricidad. Con respecto al área física con donde se debe instalar, no representa costos de adquisición; ya que el predio del Ingenio cuenta con espacio suficiente para realizarse las obras necesarias.
- Los costos de operación son bajos; ya que el combustible es el residuo del proceso central del Ingenio, y los operadores de este proceso adyacente pueden ser los mismos con los que se cuenta para la producción de azúcar. Los mantenimientos programados, preventivos y correctivos, se deben agendar de forma consistente con los de los equipos para la refinación de azúcar.
- El instalar una planta de generación propia aunada a su conexión actual con CFE, permite flexibilidad en el uso de una u otra fuente para satisfacer los requerimientos. Permitiendo este esquema asegurar el abasto de electricidad aun cuando se tenga que sacar de operación la planta por concepto de mantenimiento.
- Como consecuencia natural del punto anterior la confiabilidad es elevada por que se pueden satisfacer los requerimientos de electricidad; ya sea a través de CFE o del autoabastecimiento.

**Selección de la mejor opción de suministro**

Construir una planta de Generación de Energía Eléctrica; ya que, no tan sólo puede satisfacer los requerimientos actuales de energía eléctrica, sino que permite sentar las bases para que en una segunda etapa se permita vender los excedentes de vapor a otra empresa y vender los excedentes de energía eléctrica a la Comisión Nacional de Electricidad.

Además de que este proceso no es ajeno del todo al del Ingenio actualmente; debido que, los operadores conocen el proceso de operación y mantenimiento de una caldera y de máquinas

rotativas, lo que facilita el aprendizaje para efectuar las maniobras correspondientes a la nueva caldera y al turbogenerador.

Aunado a lo anterior se cuenta con la facilidad de proveer de combustible de forma confiable al proceso y dado que se encuentran instalados en el mismo predio se torna demasiado simple la logística.

### ***Conclusiones.***

Después de aplicar el procedimiento metodológico al Ingenio Azucarero de PUGA, se determinó que la mejor opción de suministro de energía eléctrica, es el desarrollo de una planta de generación de electricidad propia.

Al desarrollar el proyecto de la planta de generación sacamos como conclusiones las siguientes mejoras:

Se incrementó el porcentaje de uso del bagazo, siendo usado casi un 90%.

La eficiencia en el rendimiento del combustible mejoró de manera global en un 14.5% ya que pasamos de tener 1.66 libras de vapor por libra de bagazo a un promedio de 1.90 libras de vapor por libra de bagazo.

El objetivo de la aplicación del procedimiento metodológico es la selección de la mejor opción de abasto de electricidad, para la planta industrial que lo está aplicando, no obstante en este caso particular el proyecto permite incrementar los beneficios del ingenio aprovechando de mejor manera la utilización del bagazo. El beneficio que se obtiene del mismo es de US\$3,523,000 anuales.

No cabe duda de las bondades del proyecto, sin embargo, tal como es usual en ese tipo de empresas, siempre hay que continuar con el proceso de mejora continua y por lo tanto nacen las recomendaciones que siguen:

Se debe buscar la forma de optimizar y obtener mejores réditos del proyecto.

Vender más energía eléctrica y la forma de hacerlo es disminuir el consumo energético del ingenio tanto en vapor como en energía eléctrica ya que todo ahorro en ese sentido representa energía que puede ser finalmente vendida.



# *Conclusiones Generales*

Esta página se dejó en blanco intencionalmente

### **Conclusiones generales**

Partiendo de las preguntas que dieron origen al presente trabajo de investigación (página 5):

1. ¿Qué criterios de evaluación son los suficientes y necesarios para elegir una alternativa?
2. ¿Cuál es el proceso de toma de decisiones que lleva a la evaluación de alternativas?
3. Partiendo de validar la el procedimiento metodológico, ¿se podría generalizar la propuesta?

Las respuestas que aquí se presentan no son las únicas soluciones a estos cuestionamientos; porque, las empresas pueden tener varios parámetros de toma de decisiones, dependiendo de sus intereses particulares. Sin embargo, el procedimiento metodológico (página 90) propuesto, parte del hecho de realizar un análisis estructurado de la situación integral de la empresa industrial que tiene que tomar la decisión de la mejor opción[on de suministro eléctrico, teniendo como antecedente información mínima necesaria de ella misma y de su entorno.

A partir del estudio del marco legal (página 20) se encontraron regulaciones que permiten a los particulares la generación de energía y los pasos que se deben seguir para obtener los permisos de autoabastecimiento (página 21) y cogeneración de energía (página 23). Estas leyes son: Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

El análisis de éstas leyes proporcionó información básica acerca de la oportunidad que tienen los particulares para crear empresas de servicios de energía que satisfagan las necesidades y requerimientos de la industria en materia energética (página 35).

En la metodología se destaca la importancia de conocer los requerimientos de energía eléctrica; para que, con base en ellos, se determine cuál debe ser la capacidad de abasto con la que requieren contar (página 39).

Para analizar las posibilidades de instalar una planta de generación propia se determinaron los tipos de generadores y de combustibles más utilizados (página 50).

Se identificó que los sectores azucarero, de servicios y alimentos son los que más realizan solicitudes de permisos para generación de energía, a través de autoabastecimiento y que el sector papelerero es el que más solicita permisos para cogeneración (página 71).

Se encontró que hay empresas por no contar con la información necesaria y suficiente tienen problemas con los trámites ante la Comisión Reguladora de Energía (CRE) por tener complicaciones con la instalación y el funcionamiento de los proyectos alternos a la conexión a la red de la CFE (páginas 47 y 57).

Se encontró que existen factores externos que influyen en los problemas que enfrentan las empresas para tomar la decisión de implantar otras formas de autoabastecimiento de electricidad, principalmente la adquisición y precio de los energéticos primarios (página 72).

También se encontraron que hay otras empresas que requirieron de la asesoría y apoyo de consultores externos, debido a que no tienen los conocimientos ni la experiencia necesaria en este tipo de proyectos. No obstante la CRE proporciona, gratuitamente, la ayuda necesaria en el llenado de los formatos y requerimientos legales para la obtención de los permisos, facilitando así, los trámites ante la misma. Sin embargo no existen empresas de servicios de energía que brinden asesoría en todos los aspectos que influyen en el proyecto para facilitar su desarrollo (páginas 46, 58 y 81).

Con el análisis de la información obtenida en este estudio, se logró determinar que existe un gran mercado que no está siendo atendido por empresas de servicios de energía y que debido

a esto, los permisionarios tienen que realizar por sí mismos todos los pasos necesarios para implementar su proyecto. En algunas ocasiones, la falta de conocimiento o de experiencia, ocasiona que los resultados no sean los que se esperan del proyecto, lo que reditúa en el incremento de los costos o en el peor de los casos en intentos fallidos (página 79).

Debido a lo anterior decidí desarrollar un procedimiento metodológico en el que se indican todos y cada uno de los pasos necesarios, para tener todos los elementos indispensables para tomar la decisión de la opción que resulte más atractiva a las empresas que intenten evaluar opciones diferentes a la de tan sólo contratar el abasto de la compañía suministradora de electricidad (página 90).

En esta metodología se deben describir los elementos del análisis económico-financiero (página 73) para programar el período para la recuperación de la inversión y conocer el tiempo necesario para generar utilidades, al igual que la amortización necesaria para el cobro del equipo de generación, más costos del servicio, más las utilidades esperadas en el tiempo requerido. Con lo anterior también se busca proporcionar resultados acerca de los costos del proyecto y de esta manera poder presentar información que resulte atractiva a los clientes en el ahorro correspondiente a tarifas eléctricas, en comparación con la Comisión Federal de Electricidad.

Se debe considerar que para seleccionar la opción más conveniente para cada empresa es necesaria la investigación de información para el conocimiento de cada uno de los procesos que se requieren para autoabastecerse de electricidad y con esto saber cómo se pueden integrar y/o acoplar a sus procesos propios y actividades a realizar en su labor diaria para facilitar la implementación del proyecto de generación de energía, así como para el correcto desarrollo del mismo.

Es recomendable tener en cuenta el seguimiento y actualización de los conocimientos referentes a los cambios de las regulaciones en materia energética y el rumbo político de la nación, que determinará el futuro de la energía en México.

Conviene dar seguimiento a los proyectos que se han dado por terminados para conocer las causas de la rescisión del permiso, lo que arrojará información vital acerca de los errores, en caso de haberlos, que se han cometido en dichos proyectos y tener en cuenta a los procesos o áreas que demanden mayor atención (página 85).

Por último se sugiere someter al proceso metodológico en un proceso de mejora continuo. En el cual después de aplicar la metodología, se observe su operación, se dé seguimiento, se observen posibles fallas y en caso de encontrarlas modificarla para volverla a aplicar.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

- ✿ **Álvarez Torres, Martín G.** *Manual De Planeacion Estrategica/ Manual Of Strategic Planning*. Panorama Editorial, 2006, 88 p.
- ✿ **Amaya Amaya, Jairo.** *Gerencia, Planeación Y Estrategia*. Universidad Santo Tomas, 2009, 318 p.
- ✿ **Campos Aragón, Leticia.** *La Electricidad En La Ciudad De México Y Área Conurbada*. Siglo Veintiuno Editores, México 2005, 422 p.
- ✿ **Checkland, Peter.** *Pensamiento De Sistemas, Práctica De Sistemas*. Limusa, México 1992.
- ✿ **Cohen, William A.** *Estrategias: 10 Principios Esenciales Para Conducir A Su Compañía A La Victoria*. Patria, México 2005.
- ✿ **Comisión Federal de Electricidad (CFE).** *Costos Y Parámetros De Referencia Para La Formulación De Proyectos De Inversión En El Sector Eléctrico (COPAR)*, CFE, México 2009, 294 p.
- ✿ **Cuevas Salgado, Jesús.** *Cogeneración Industrial En México, Producción De Electricidad, Diagnostico Y Perspectivas*. UNAM. Programa Universitario De Energía, México D.F. 1989, 111 p.
- ✿ **Emery, James.** *Sistemas De Planeamiento Y Control En La Empresa: Teoría Y Tecnología*. Ateneo, Buenos Aires 1976, 196 p.
- ✿ **Francés, Antonio.** *Estrategia Y Planes Para La Empresa: Con El Cuadro De Mando Integral*. Pearson Educación De México, México 2006, 512 p.
- ✿ **Galeano A, Jorge.** *La Planeación A Su Alcance*. Norma, Bogotá 1979, 64 p.
- ✿ **Instituto Latinoamericano Y Del Caribe De Planificación Económica Y Social (ILPES).** *Guía Para La Presentación De Proyectos*. Editorial Siglo XXI, 2002, 240 p.
- ✿ **Jutglar I Banyeras, Luis.** *Cogeneración De Calor Y Electricidad*. CEAC, Barcelona 1996, 220 p.

- ✿ **Miranda Miranda, Juan José.** *Gestión De Proyectos: Identificación, Formulación, Evaluación Financiera, Económica, Social, Ambiental.* M editores, 2000, 438 p.
- ✿ **Martelo Araiza, Héctor A.** *Propuesta De Metodología Para Análisis De Proyectos De Cogeneración En Petróleos Mexicanos.* Escuela Superior De Ingeniería Y Arquitectura, Sección De Estudios De Posgrado E Investigación, IPN 2008.
- ✿ **Martinez Arrona, J. Armando.** *Teoría De Los Sistemas De Organización.* Universidad De Guanajuato (Colección Nvo. Siglo. Serie Humanidades), Guanajuato, Gto. 1998, 52 p.
- ✿ **Michael E. Porter.** *Competitive Strategy: Techniques For Analyzing Industries And Competitors.* Free Press, USA 1980, 396 p.
- ✿ **Michel Godet.** *La Caja De Herramientas De La Prospectiva Estratégica.* Cuaderno Publicado Por Gerpa Con La Colaboración De Electricité De France, Mission Prospective. Paris 2000, 108 p.
- ✿ **Miklos, Tomás.** *Planeación Prospectiva: Una Estrategia Para El Diseño Del Futuro.* Limusa: Centro De Estudios Prospectivos, Fundación Javier Barros Sierra, México 2007, 204 p.
- ✿ **Miklos, Tomás y Tello, María Elena.** *Planeación Interactiva.* Limusa Noriega, México 1993.
- ✿ **Morrisey, George.** *Planeación A Largo Plazo: Creando Su Propia Estrategia.* Pretince Hall, Naucalpan De Juárez, Edo De México 1996, 109 p.
- ✿ **Reza, German A. De la.** *Teoría De Sistemas: Reconstrucción De Un Paradigma.* UAM, Unidad Xochimilco. Miguel Ángel Porrúa, México 2001. 179 p.
- ✿ **Rodríguez V., Joaquín.** *Cómo Aplicar La Planeación Estratégica A La Pequeña Y Mediana Empresa.* Thomson Editores, México 2005, 289 p.
- ✿ **Sala Lizarraga, José María.** *Cogeneración, Aspectos Termodinámicos, Tecnológicos Y Económicos.* Universidad Del País Vasco, Bilbao 1994, 565 p.

- ✿ **Salazar Aguilar, Brenda G.** *Generación De Electricidad A Partir De Energía Eólica En México: Aspectos Técnicos, Económicos, Regulatorios Y Prospectiva Al Año 2030.* Facultad de Ingeniería, UNAM, México 2009.
- ✿ **Villares Martín, Mario.** *Cogeneración.* Fundación Confemetal, Madrid 2003, 291 p.
- ✿ **Witting, Richard.** *What Is Strategy And Does It Matter?* Thomson Learning, USA 2001, 182 p.

#### REFERENCIAS DE ARTÍCULOS, PRESENTACIONES, LEYES Y NOTAS.

- ✿ **Adam, Kahane.** *Planeación Por Escenarios Para Cambiar El Mundo.* Cacit Group S.A., 2000.
- ✿ *Análisis FODA Del Campo Cañero Mexicano.* Conforme a PRONAC 2007-2012.
- ✿ **Armando Llamas, Federico; Villamontes, Anibal; Sánchez Morones Luis.** *Situación Del Autoabastecimiento.* Centro De Estudios De Energía, Instituto Tecnológico Y De Estudios Superiores De Monterrey, Campus Monterrey. Monterrey, N.L. REUNIÓN DE VERANO, RVP-AI/2004 (IEEE), ACAPULCO, GRO., DEL 11 AL 17 DE JULIO DE 2004.
- ✿ **Acevedo Vaesken, Bárbara.** *Pensamiento Sistémico.* Gerencia De Capacitación GFA, 2008.
- ✿ **Cámara De Diputados Del H. Congreso De La Unión.** *Ley De Promoción Y Desarrollo De Los Bioenergéticos.* Ley Publicada en el Diario Oficial De La Federación el 1º de Febrero de 2008.
- ✿ **Cámara De Diputados Del H. Congreso De La Unión.** *Ley Del Servicio Público De Energía Eléctrica.* Ley Publicada en el Diario Oficial De La Federación el 22 De Diciembre De 1975. (Última Reforma Publicada DOF 22-12-1993).
- ✿ **Cámara De Diputados Del H. Congreso De La Unión.** *Ley Para El Aprovechamiento De Energías Renovables Y El Financiamiento De La Transición Energética.* Ley Publicada en el Diario Oficial De La Federación el 28 De Noviembre De 2008.

- ✿ **Cámara De Diputados Del H. Congreso De La Unión.** *Reglamento De La Ley Del Servicio Público De Energía Eléctrica En Materia De Autoabastecimiento.* Reglamento Publicado en el Diario Oficial De La Federación El 31 De Mayo De 1991.
- ✿ **Cámara De Diputados Del H. Congreso De La Unión.** *Reglamento De La Ley Del Servicio Público De Energía Eléctrica.* Publicado en el Diario Oficial De La Federación El 25 De Julio De 1997. (Última Reforma Publicada DOF 25-07-1997).
- ✿ **Caña de Azúcar, Ingenio Tres Valles.** *Análisis De Rentabilidad Zafra 2005-2006 Y Proyección De La Rentabilidad Zafra 2007-2008.* Dirección De Consultoría De Agronegocios. Dirección Regional Del Sur. Residencia Estatal Veracruz. Enero 2007.
- ✿ **Comisión Reguladora De Energía (CRE).** *Contratos De Interconexión Eléctrica Para Proyectos Con Energías Renovables.* Seminario Regional De Oportunidades Para El Desarrollo Sostenible Con Energías Renovables. Guanajuato, Gto., 7 de Junio de 2002.
- ✿ **Curbelo Alonso, Dr. Alfredo; Garea Moreda, Dra. Bárbara; Valdés Delgado, Dr. Antonio.** *Generación De Electricidad A Partir De Bagazo En Cuba.* División De Industria Y Energía Agencia De Ciencia Y Tecnología.
- ✿ **De La Cruz, Carlos.** *La Nueva Gestión Pública en México: Un Enfoque Prospectivo para la Toma de Decisiones y la Planeación Estratégica del Gobierno.* VIII Congreso Internacional del CLAD Sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, Panamá, 28-31 Oct. 2003.
- ✿ **Gutiérrez Benítez, Ornar, UCLV.** *Auditoría Energética En Un Ingenio Azucarero Para Incrementar Su Eficiencia Energética Y Cogeneración.* Revista Centro Azúcar 4/2001. Junio 2001.
- ✿ **Ingenio Azucarero Guabira S.A.** *Resumen De Proyecto MDL De Cogeneración Con Bagazo De Caña De Azúcar De Guabirá Energía.* Resumen Ejecutivo. Memoria Anual 2008. Bolivia 2009.
- ✿ **León, Ana Lorena.** *Cogeneración Eléctrica En La Azucarera El Viejo S.A.* Dirección Sectorial De Energía, Costa Rica, 2009.
- ✿ **Luna Guadarrama, Mauro.** *Análisis FODA.* Fideicomiso Ingenio San Miguelito. Superintendencia General De Campo. Septiembre 2008.

- ✿ **Monroy Alvarado, Germán Sergio.** *Metodología Y Métodos En Sistemas.* Presentada en el Ciclo de Conferencias el Enfoque Sistémico y Sus Aplicaciones de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería (DEPFI), UNAM, México D.F., Mayo 1981.
- ✿ **Meixueiro Garmendia, Javier.** *Metodología General Para La Evaluación De Proyectos.* Banco Nacional De Obras Y Servicios Públicos, S.N.C., México 2008.
- ✿ **Sánchez Salazar, María Teresa; Casado Izquierdo, José María; Saavedra Silva, Eva.** *La Inversión Privada En El Sector Eléctrico En México: Marco Institucional Y Estructura Territorial.* Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM ISSN 0811-4611, Núm. 54, 2004, Pp. 67-92.
- ✿ **Sánchez Salazar, María Teresa.** *La Inversión Privada En El Sector Eléctrico En México: Antecedentes, Características Y Estructura Territorial.* Coloquio Internacional "Energía, Reformas Institucionales Y Desarrollo En América Latina", UNAM - Université PMF De Grenoble, México, D.F., 5-7 Noviembre 2003.
- ✿ **Secretaría De Salud. Subsecretaría De Innovación Y Calidad.** *Planeación Por Escenarios Futuros.* México 2006.
- ✿ **Secretaría de Energía (SENER) Y Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.** *Energías Renovables Para El Desarrollo Sustentable En México.* México, 2006.
- ✿ **Secretaría de Energía (SENER) Y Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit (GTZ).** *Estrategia Integral Para El Fomento A La Cogeneración En México.* Cooperación México-Alemania. Programa Gestión Ambiental Y Uso Sustentable De Recursos, CONUEE/ CRE/ GTZ, México, 2009.
- ✿ **Secretaría de Energía (SENER).** *Estrategia Nacional Para La Transición De Energía Y El Aprovechamiento Sustentable De La Energía.* México 2009.
- ✿ **Secretaría de Energía (SENER).** *Programa Especial Para El Aprovechamiento De Energías Renovables.* Subsecretaría de Planeación Energética Y Desarrollo Tecnológico, México 2009.

- ✿ **Secretaría de Energía (SENER).** *Oportunidades De Inversión En La Generación De Electricidad Con Energías Renovables.* Unidad De Promoción De Inversiones, Subsecretaría De Planeación Energética Y Desarrollo Tecnológico. Coloquio Internacional Energía De Los Residuos Sólidos, Capacitación Y Difusión. Monterrey N.L. Febrero 2003.
- ✿ **Secretaría de Energía (SENER).** *Políticas Y Medidas Para Facilitar El Flujo De Recursos Derivados De Los Mecanismos Internacionales De Financiamiento.* México, 2009.
- ✿ **Vázquez, Héctor Javier; Estrada G., Ricardo A. y Monroy A., Germán S.** *Cuatro Caminos De Evolucion De La Metodología De Sistemas.* Publicado en Memoria en CD, V Seminario Internacional de Ingeniería de Sistemas, Academia de Ingeniería, CONACYT, UNAM, Los Cabos, BCS, México, Diciembre 2004.

#### REFERENCIAS DE INTERNET.

- ✿ Comisión Federal de Electricidad: [www.cfe.com.mx](http://www.cfe.com.mx)
- ✿ Instituto de Investigaciones Eléctricas: [www.iie.org.mx](http://www.iie.org.mx)
- ✿ Instituto Nacional de Ecología: [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)
- ✿ Secretaría De Energía: [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx)
- ✿ Electro Sistemas Industriales S.A.: [www.grupoesisa.com.mx](http://www.grupoesisa.com.mx)
- ✿ <http://www.energia.gob.mx>
- ✿ <http://www.inep.org/content/view/220/100/>
- ✿ <http://www.diputados.gob.mx/cronica57/contenido/cont7/refcon7.htm>
- ✿ <http://www.fao.org/docrep/x2351s/x2351s00.htm>
- ✿ <http://www.geocities.com/siliconvalley/circuit/6440/funrosrlaelectricidadenmex.pdf>
- ✿ [http://www.rosenblueth.mx/fundacion/numero13/conciencia13\\_electricidad.htm](http://www.rosenblueth.mx/fundacion/numero13/conciencia13_electricidad.htm)
- ✿ <http://www.senado.gob.mx/gace2.php?sesion=2006/08/23/1&documento=20>



Esta página se dejó en blanco intencionalmente