

Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial



Principales criterios de eficiencia energética para el ahorro de energía eléctrica en la industria guatemalteca

Trabajo profesional presentado por Emmanuel Paredes Soto para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala
2010

Principales criterios de eficiencia energética para el ahorro de energía eléctrica en la industria guatemalteca

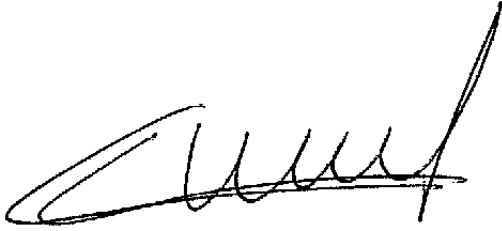
Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial

**Principales criterios de eficiencia energética para el ahorro
de energía eléctrica en la industria guatemalteca**

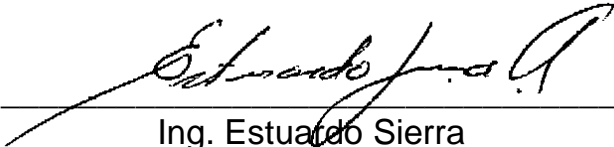
Trabajo profesional presentado por Emmanuel Paredes Soto para optar al grado
académico de Licenciado en Ingeniería Industrial


Guatemala
2010

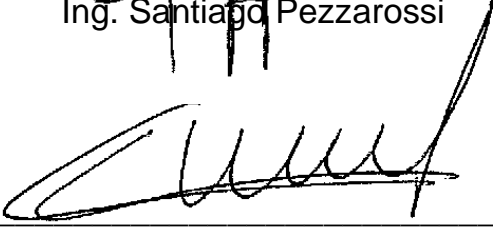
Vo.Bo.:

(F) 
Ing. Carlos Colom Bickford

Tribunal:

(F) 
Ing. Estuardo Sierra

(F) 
Ing. Santiago Pezzarossi

(F) 
Ing. Carlos Colom Bickford

Fecha de aprobación del examen de graduación:
Guatemala, 19 de mayo de 2010

PREFACIO

La experiencia de las décadas anteriores nos ha demostrado que la energía es esencial para el desarrollo social, económico y sobre todo industrial. De ahí que en la actualidad, no se ponga en entredicho la importancia que tiene el ahorro de la misma. Y es que en efecto, al optimizar el uso de los recursos energéticos, se reducen los costos de producción y por ende, aumenta el margen de utilidad. Ésta es precisamente una de las razones por las que las campañas y las publicaciones sobre cómo optimizar el uso de energía siguen cobrando mayor notoriedad; sobre todo en países como Guatemala, que buscan orientar su crecimiento económico hacia la búsqueda de mayor eficiencia para mejorar su competitividad internacional y reducir su vulnerabilidad ante la escasez de los recursos energéticos y el elevado costo de los mismos. La elaboración del presente documento tiene que ver precisamente con este fin. En el mismo se detallan una serie de consideraciones que permitan comprender la importancia y la metodología relacionadas con todas las etapas de la administración y el ahorro de energía eléctrica. Ya con estos antecedentes, los gerentes y/o el personal designado, podrán elaborar guías de auditorías energéticas en su propia empresa o instalación. Asimismo, al final, se muestra un ejemplo de una auditoría energética en una empresa tipo comercial y además, se estiman los posibles ahorros derivados de la implementación de las mejoras recomendadas.

En este espacio quiero agradecer a los ingenieros Carlos Colom Bickford, Iván Mendoza Centeno y Sergio Velásquez –todos integrantes de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica– por su valioso aporte en la realización de este trabajo. De no ser por su apoyo, no hubiese sido posible su finalización oportuna.

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	xiii
LISTA DE ILUSTRACIONES	xv
RESUMEN.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
A. <i>Perfil del proyecto</i>	1
1. Exigencias energéticas de una sociedad en desarrollo	1
2. Escasez de recursos energéticos y crecimiento económico.....	6
3. Planteamiento del problema	8
4. Justificación de la investigación	8
5. Objetivos de la investigación.....	9
6. Alcances de la investigación	9
II. MARCO TEÓRICO.....	11
A. <i>Industria guatemalteca y requerimientos energéticos</i>	11
1. Caracterización de la industria guatemalteca.....	11
2. Demanda energética en el sector eléctrico guatemalteco.	16
B. <i>Aspectos conceptuales</i>	19
1. La energía como insumo del proceso productivo	19
2. La gestión de energía en la industria	21
C. <i>La gestión de la energía en la empresa</i>	23
1. El gestor energético	23
2. Auditoría energética.....	24
D. <i>La energía eléctrica en la empresa</i>	25
1. Características de la electricidad	25
a. Almacenamiento.....	25
b. Disponibilidad	26
c. Calidad del servicio	26
d. Seguridad de uso	26
2. Energía y potencia.....	26
3. Aclaraciones sobre la facturación del servicio eléctrico.....	27
a. Comportamiento de la carga	27
b. Cargos por energía y por demanda	28

E. Evaluación financiera de las oportunidades de eficiencia energética	38
1. Proceso de evaluación.....	39
2. Técnicas de evaluación	39
a. Período de Recuperación (PR).....	40
b. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	40
c. Valor Presente Neto (VPN)	41
3. Decisión, ejecución y seguimiento de la inversión.....	43
III. MARCO METODOLÓGICO.....	43
A. <i>El diseño y procedimientos de la investigación</i>	43
B. <i>Aplicación de criterios de eficiencia energética</i>	43
1. Auditoría energética en Empresa X	43
a. Perfil de la empresa	44
b. Diagnóstico de la situación de la empresa.....	49
c. Ejemplo de una oportunidad de ahorro que no requiere inversión	49
d. Ejemplo de una oportunidad de ahorro que sí requiere inversión	50
e. Análisis de los beneficios económicos esperados	56
IV. CONCLUSIONES.....	57
V. RECOMENDACIONES	59
VI. BIBLIOGRAFÍA	61
VII. APÉNDICE.....	63

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de los usuarios de energía eléctrica.....	29
Cuadro 2. Variaciones del pliego tarifario de EEGSA para usuarios de baja tensión con demanda fuera de punta (BTDFP) durante los últimos tres ajustes.....	49
Cuadro 3. Beneficios económicos derivados de una oportunidad de ahorro de energía que no requiere inversión.....	50
Cuadro 4. Niveles mínimos de iluminancia requeridos según la aplicación	52
Cuadro 5. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.....	53
Cuadro 6. Iluminancia de todas las fuentes de luz ubicadas en las instalaciones de la Empresa X durante horas de la noche	54
Cuadro 7. Beneficios económicos derivados de una oportunidad de ahorro de energía que requiere inversión.....	55
Cuadro 8. Costos de los elementos para instalar la propuesta de ahorro de energía en iluminación	56
Cuadro 9. Métodos de evaluación para considerar la viabilidad del proyecto	56

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Generación eléctrica nacional (2001-2009).....	1
Figura 2. Comportamiento de los tres tipos principales de centrales generadoras (2001-2009)	2
Figura 3. Consumo de energía por sector (2001-2008).....	3
Figura 4. Promedio mensual del precio spot de energía eléctrica por banda (2009)	4
Figura 5. Tarifas promedio para energía eléctrica en baja tensión (2001-2010)	4
Figura 6. Tasas de cobertura y tasa de crecimiento de la cobertura de energía eléctrica (1991-2010)	5
Figura 7. Medidas para reducir la demanda de recursos energéticos escasos.....	7
Figura 8. Usos industriales de la energía	9
Figura 9. Los contrastes de la industria en Guatemala.....	10
Figura 10. Composición del valor (FOB) de las exportaciones (2002-2009)	12
Figura 11. Participación de las principales industrias en las exportaciones nacionales (2002-2009)	12
Figura 12. Comportamiento del valor de las exportaciones de artículos de vestuario a Centroamérica (2002-2009).....	13
Figura 13. Comportamiento del valor de las exportaciones de productos alimenticios a Centroamérica (2002-2009).....	14
Figura 14. Comportamiento del valor de las exportaciones de productos químicos a Centroamérica (2002-2009)	15
Figura 15. Composición por tipo de consumo (2009)	16
Figura 16. Factor de carga mensual (2009).....	17
Figura 17. Curvas de generación y demanda del SNI para el jueves 08/04/2010.....	17
Figura 18. Esquema del sistema productivo de toda organización	19
Figura 19. Precios históricos del petróleo 1987-2009	20
Figura 20. Etapas preliminares antes de implementar un programa de administración de recursos energéticos	22
Figura 21. Responsabilidades del gestor energético	23
Figura 22. Fotografía de la Subestación Guatemala-Sur en un día lluvioso	25

Figura 23. Curva de carga de una empresa industrial mediana durante un día hábil	27
Figura 24. Desagregación de la tarifa no social EEGSA.....	30
Figura 25. A) Variación de tarifas de EEGSA para baja tensión con demanda fuera de punta (BTDFP) durante el 2009	32
Figura 26. B) Variación de tarifas de EEGSA para baja tensión con demanda fuera de punta (BTDFP) durante el 2009	33
Figura 27. C) Variación de tarifas de EEGSA para baja tensión con demanda fuera de punta (BTDFP) durante el 2009	33
Figura 28. D) Variación de tarifas de EEGSA para baja tensión con demanda fuera de punta (BTDFP) durante el 2009	34
Figura 29. Curvas de cargas de dos empresas hipotéticas con igual consumo de energía.....	35
Figura 30. Esquema para la representación de los componentes de la energía eléctrica	31
Figura 31. Ejemplo de una factura emitida por EEGSA	36
Figura 32. Etapas básicas para desarrollar un proyecto de eficiencia energética.....	37
Figura 33. Estrategia para el proceso de control	39
Figura 34. Historial del consumo de energía eléctrica de la Empresa X durante el primer año de operaciones.....	44
Figura 35. Historial de los costos de energía eléctrica de la Empresa X durante el primer año de operaciones.....	44
Figura 36. Comportamiento de las potencias máxima y contratada de la Empresa X durante el primer año de operación	45
Figura 37. Comparación entre la variación del consumo de energía y el costo total de la misma durante el 2009	46
Figura 38. Variación de la potencia disponible en un día hábil (lunes)	46
Figura 39. Variación de la energía consumida en un día hábil (lunes).....	47
Figura 40. Variación del consumo de energía activa en la Empresa X durante los primeros cinco días de marzo 2010.....	47
Figura 41. Variación de la potencia disponible en las instalaciones de la Empresa X durante los primeros cinco días de marzo 2010.....	48
Figura 42. Aspecto de las instalaciones de la Empresa X durante la noche	50
Figura 43. Esquema de las instalaciones de la Empresa X y ubicación de las fuentes de luz	54

RESUMEN

En general, para comenzar un programa de administración de la energía, se necesitan realizar estudios integrales –llamados auditorías energéticas– mediante los cuales se analiza la situación de una instalación y su entorno. Así, la información recabada durante dichos estudios permite identificar qué factores afectan el consumo de energía, con el objeto de plantear acciones y modificaciones que conduzcan a un gasto menor de la misma sin disminuir la productividad. De esta suerte, cualquier propuesta diseñada para generar ahorros de energía debe ir acompañada de un análisis de viabilidad técnica y económica que respalde su implementación. En este trabajo se presenta, además de los principales conceptos de eficiencia energética, un estudio realizado a un restaurante de comida rápida, que para resguardar la confidencialidad, se denomina Empresa X. Luego de medir los principales parámetros del consumo de energía eléctrica, fue posible recomendar dos mejoras que en conjunto, representan un ahorro del 8% en relación al costo total que la empresa paga actualmente por consumo de energía eléctrica. Una de las oportunidades consiste en cambiar la potencia contratada del suministro de electricidad, y la otra en realizar la sustitución del sistema de iluminación actual por uno más eficiente. Los resultados mostraron que con una inversión inicial de Q19,200.25 y una Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) de 17.48%, la Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto a tres años asciende a 43%, mientras que el Valor Presente Neto (VPN) es de Q6,569.93, mientras que el período de recuperación es de 1.6 años.

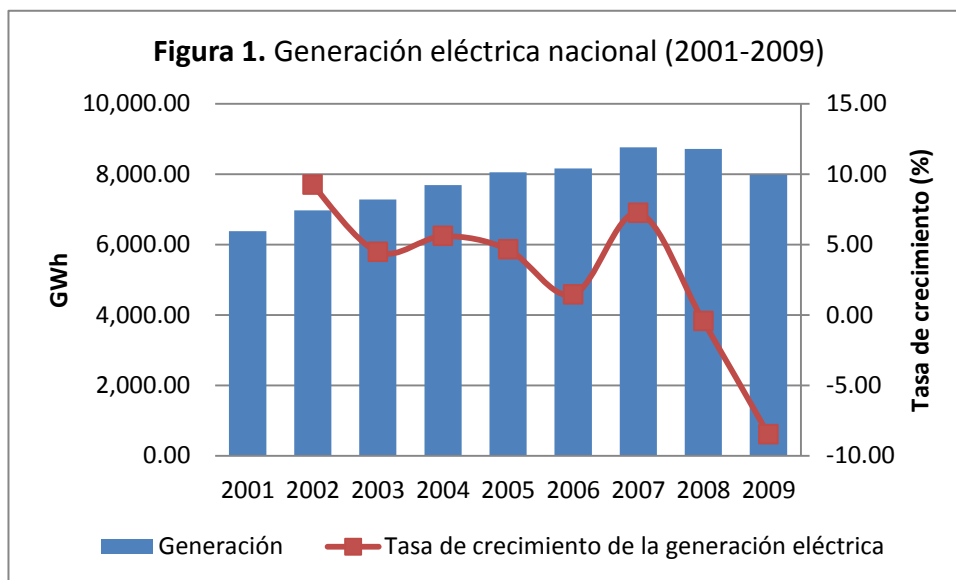
I. INTRODUCCIÓN

A. Perfil del proyecto

1. Exigencias energéticas de una sociedad en desarrollo. La energía, se puede afirmar con toda certeza, constituye la fuerza impulsora de nuestra civilización y de nuestra economía. Es imposible imaginar los avances y comodidades de la vida contemporánea sin ella. En ese sentido, la electricidad es quizá, la forma más conocida de energía por la gran cantidad de artefactos e instrumentos muy difundidos, visibles e identificables que la consumen; precisamente por su facilidad para transformarse en energía luminosa, mecánica e incluso térmica. De ahí que su uso sea una de las bases de la tecnología utilizada por el ser humano en la actualidad.

Y es que desde el descubrimiento de la corriente alterna y el desarrollo de los alternadores, se ha llevado a cabo una intensa labor para llevar energía eléctrica a todos los rincones habitados del planeta. Sin embargo, la diferencia en la cobertura y el consumo entre los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo aún es abismal. Esto se traduce en tasas de consumo per cápita mucho más altas en los países desarrollados. No obstante, si bien el consumo de energía es mayor en las naciones industrializadas, éste se ha estabilizado o crece muy poco. Por el contrario, la demanda de recursos energéticos continúa aumentando en los países en vías de desarrollo a medida que estos se industrializan y sus economías se expanden.

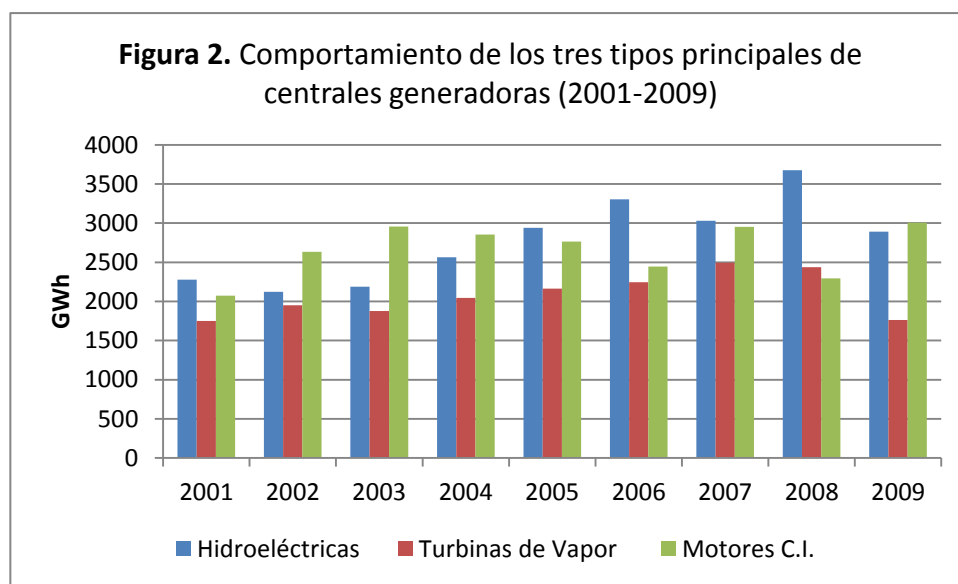
En el caso de Guatemala, la generación de energía eléctrica ha ido creciendo durante la última década a una tasa de crecimiento cada vez menor. Entre el 2006 y el 2007, luego de un repunte, la misma ha experimentado una reducción considerable. Tan sólo en el año 2009 ésta disminuyó 8.5% en relación al 2008. Al mismo tiempo, para el año 2009, la generación alcanzó 7,977.47 GWh (si se toman en cuenta las importaciones, la cifra asciende a 8,014.67 GWh) tal como se observa en la Figura 1.



Fuente: elaboración propia con datos del MEM y el AMM.

Según el informe estadístico preliminar del Administrador del Mercado Mayorista (AMM)¹, la exportación de energía al Mercado Eléctrico Regional (MER)² para el año 2009 fue de 94.10 GWh; de manera que Guatemala alcanzó un 22% de participación en las inyecciones de energía al MER. Dicha aportación constituye el 1.17 % de la generación total del país. Además, los retiros de energía en el MER fueron de 37.21 GWh. Así, Guatemala resultó exportador neto al MER con 56.89 GWh.

En cuanto a la generación nacional, de acuerdo con las estadísticas presentadas por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), la mayor parte de la energía eléctrica (más del 95%) se genera en tres tipos de centrales: hidroeléctricas, de turbinas de vapor y de motores de combustión interna. Además, según reportes del AMM, las hidroeléctricas produjeron el 36.3% de toda la energía en el 2009, cifra que se redujo en 21.2% en comparación al año 2008 a causa de la sostenida escasez de lluvias durante el invierno. Por otro lado, se puede observar en la Figura 2 que el déficit fue cubierto por las generadoras de motores de combustión interna. Estas centrales fueron responsables del 37.7% del total de energía eléctrica generada en el 2009, cifra que aumentó un 31% en relación al año anterior. Las centrales de turbinas de vapor, por su parte, generaron el 22.12% del total durante el mismo período, reduciendo su participación en un 28%.



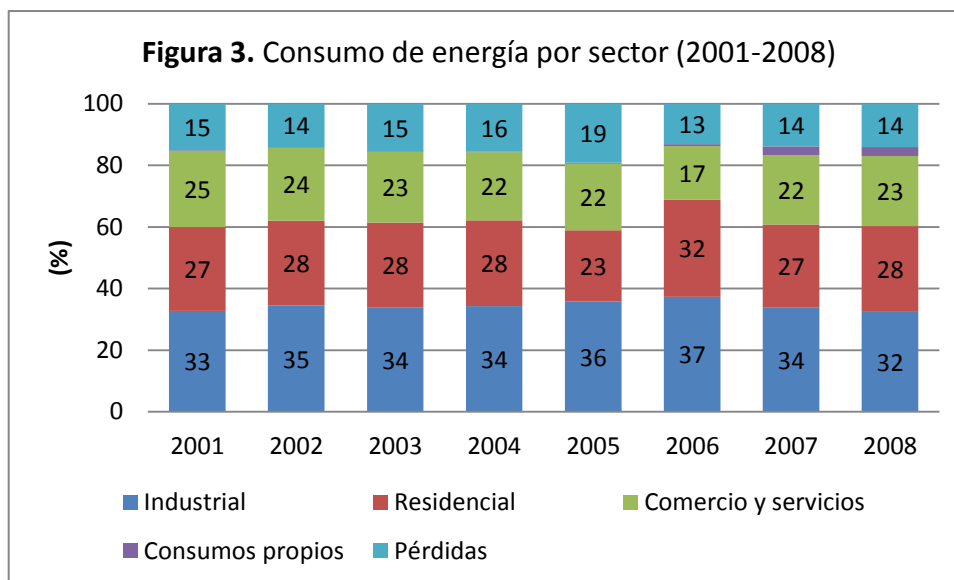
Fuente: elaboración propia con datos del MEM y el AMM.

Es interesante notar que cuatro empresas fueron las que generaron la mayor parte de la energía eléctrica del país durante el 2009: la Empresa General de Energía del Instituto Nacional de Electrificación (INDE) aportó el 28.2%, Duke Energy International Guatemala y CIA, S.C.A. el 16.9%, Poliwatt Limitada el 8.8% y Central Generadora Eléctrica San José Ltda. el 7.3%. Así, en conjunto éstas generaron más del 60% de la energía que produce en el país. En relación al consumo de energía eléctrica, se puede señalar que durante los

¹ El AMM es el ente encargado de administrar el conjunto de actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de energía eléctrica dentro del sector eléctrico del país.

² El MER es el ámbito en que se realizan las transacciones regionales de compra y venta de electricidad entre los agentes del mercado centroamericano, a través de líneas de transmisión que interconectan sus redes nacionales.

últimos años, la distribución del consumo de electricidad se ha mantenido relativamente estable. La industria consume la mayor cantidad de energía eléctrica (más del 30% en la última década) y le siguen las residencias (entre el 23 y el 32%) y los comercios y servicios (entre el 17 y el 25%). Las pérdidas constituyen el rubro más variable pues han fluctuado entre el 13 y el 19% de todo el consumo durante el periodo analizado, tal como se observa en la Figura 3.



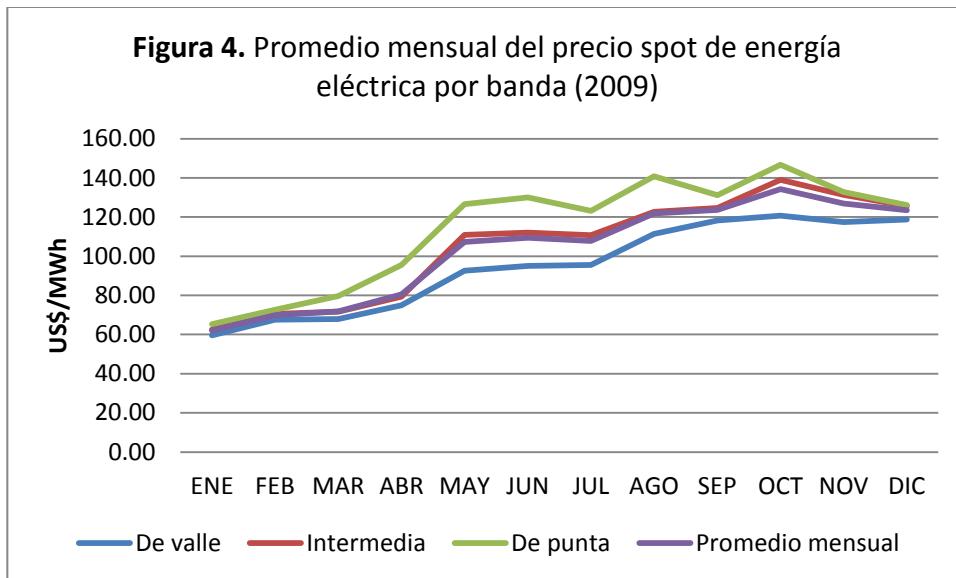
Fuente: elaboración propia con datos del Ministerio de Energía y Minas.

Otro aspecto importante sobre la provisión de energía eléctrica es el precio de la misma. En general, éste ha aumentado durante la última década de manera que, desde enero del 2001 hasta la actualidad, la tarifa social³ se incrementó en un 135% y la tarifa no social en un 89%. La Figura 4 muestra el comportamiento del precio spot⁴ (o precio de oportunidad) de energía eléctrica promedio por banda de horario⁵ durante el 2009. Es evidente que el precio promedio, sin importar la banda de horario, aumentó dramáticamente entre enero y diciembre de ese año. El aumento fue mayor al 90% para cada una de las bandas de horario. En otros años ha sido común observar lo contrario: una caída del precio promedio durante el último trimestre del año. Esto sucede por el mayor aporte que realizan las centrales hidroeléctricas debido a las precipitaciones de invierno. No obstante, como se ha mencionado antes, debido a la falta de lluvias durante el 2009, los niveles de agua captados en los embalses fueron menores a los esperados. Este suceso afectó también a las plantas a filo de agua (sin represas) que se vieron obligadas a trabajar a capacidad muy baja por la reducción del caudal en los ríos.

³ Tarifa que contempla un subsidio directo a los usuarios que consumen hasta 300 kWh/mes.

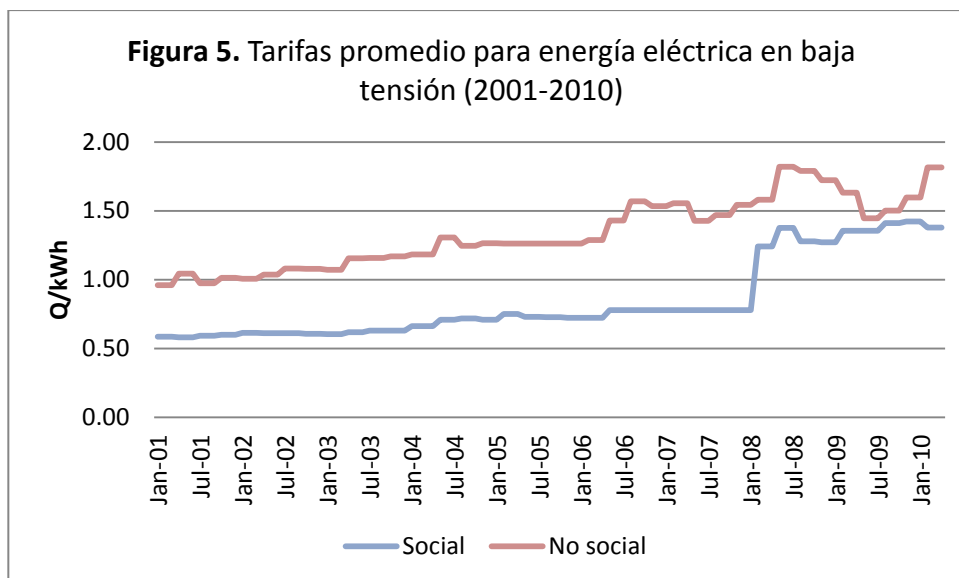
⁴ Valorización de la energía eléctrica realizada cada hora a partir del costo marginal de la máquina que cubriría el próximo kW de incremento de la demanda, sobre la base del despacho realizado por el AMM.

⁵ Son tres bandas de horario: la de valle (00:00 a 5:59 y 22:00 a 23:59 horas), la intermedia (6:00 a 17:59 horas) y la de punta (18:00 a 21:59 horas).



Fuente: elaboración propia con datos del Ministerio de Energía y Minas.

En consecuencia, tal como lo afirmó la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE)⁶ en un comunicado de prensa, «...para garantizar la continuidad y seguridad del suministro de energía eléctrica en el país, fue necesario sustituir la energía no producida por las centrales hidroeléctricas por energía producida por centrales de bunker y diesel, las cuales dependen de los precios internacionales de los combustibles»⁷. Esto aunado a la tendencia alcista en el tipo de cambio, ocasionó un incremento en las tarifas durante el primer trimestre del 2010. Dicha situación es patente en la Figura 5, en donde se puede observar el comportamiento de las tarifas.



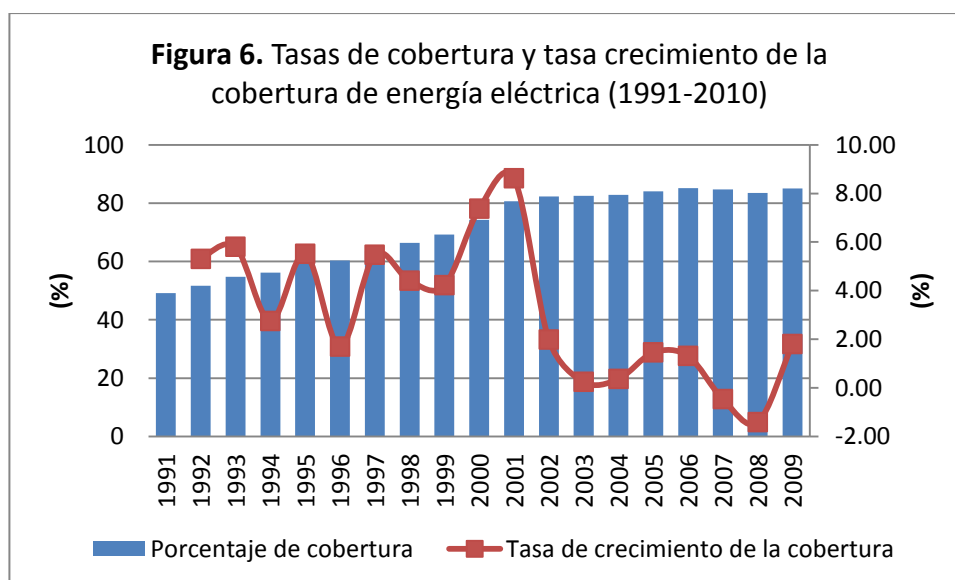
Fuente: elaboración propia con datos de la CNEE.

⁶ La CNEE es el ente regulador del sector eléctrico en Guatemala y es el encargado de cumplir y hacer cumplir la Ley General de Electricidad y sus reglamentos.

⁷ CNEE, 2010. -01-2010. Ajuste tarifario trimestral, febrero-abril 2010.

Finalmente, para discutir sobre la cobertura, es necesario aclarar que ésta depende de la transmisión y distribución de la energía eléctrica generada. La transmisión se refiere al transporte, mediante líneas de transmisión, de la energía eléctrica en bloques de alto voltaje. Por otro lado, la distribución, comprende el transporte de la energía eléctrica a los usuarios luego de que las distintas subestaciones del Sistema Nacional Interconectado han reducido el voltaje de los grandes bloques eléctricos transmitidos.

En cuanto a la distribución y el acceso de los hogares guatemaltecos a la energía eléctrica, se puede observar en la Figura 6 la evolución que han tenido tanto el porcentaje de cobertura a nivel nacional, como la tasa de crecimiento de la misma entre 1991 y el 2009. Es evidente que la cobertura eléctrica aumentó rápidamente durante las últimas dos décadas. En efecto, tan sólo entre el 2001 y el 2008, el número de usuarios aumentó en un 34.3% de 1,777,614 a 2,387,069. Además, durante el mismo período, la tasa de cobertura de la energía eléctrica del país pasó de 80.7 a 83.5%. Sin embargo, a pesar del crecimiento reportado, durante los últimos años se observa que la tasa de crecimiento de la cobertura de energía eléctrica se ha contraído. El mismo Ministerio de Energía y Minas ha declarado que «el crecimiento lento que se viene dando en la cobertura en los últimos años, es consecuencia de falta de fondos en los programas de electrificación [...]»⁸. Además, destaca el acceso desigual a la energía eléctrica en términos geográficos puesto que los departamentos de Petén y Alta Verapaz, por ejemplo, aún tienen una tasa de cobertura menor al 60%.



Fuente: elaboración propia con datos del Ministerio de Energía y Minas.

Luego de observar un breve panorama del sector eléctrico en el país, resulta evidente que éste aún se encuentra en crecimiento. Aún hay varias comunidades en el interior del país que no tienen acceso a los beneficios de la energía eléctrica, de manera que se prevé un aumento significativo de la demanda en los próximos años. Sin embargo, para desarrollar su sector eléctrico, Guatemala requiere de inversiones millonarias. En ese sentido, el MEM y la CNEE enfrentan el reto de crear un clima adecuado para atraer las

⁸ MEM, 2007. Estadísticas Energéticas Subsector Eléctrico 2001-2006.

inversiones necesarias, sobre todo dada la creciente conflictividad en torno a proyectos de energía renovable por su impacto en el ambiente y en las comunidades rurales. Sólo mediante los esfuerzos acertados de las autoridades se logrará impulsar el desarrollo del mercado eléctrico sin comprometer la sostenibilidad de los recursos.

2. Escasez de recursos energéticos y crecimiento económico. Dado el elevado costo de la energía eléctrica, las dificultades que existen para cubrir la demanda mundial de la misma y el efecto nocivo para el ambiente que supone su producción masiva, es imprescindible procurar el uso óptimo de este recurso; sobre todo ahora que se ha convertido en una de las formas de energía más importantes para el desarrollo tecnológico debido a su gran número de aplicaciones. En la Figura 7 se describen las diversas actividades que pueden emprenderse para moderar la demanda de energía en general. Tal como lo afirma John H. Gibbons, de las tres estrategias que se pueden tomar para tal fin, la *reducción del consumo* consiste en una serie de medidas restrictivas que se toman frente a situaciones de emergencia. El *cambio de combustibles*, por otro lado, es una estrategia que consiste simplemente en utilizar menos de un recurso energético escaso y, por ende, más de algún otro. Ambas estrategias constituyen un importante conjunto de opciones que justificablemente se podrían clasificar dentro de las medidas de conservación aunque en realidad, no ahorran energía. Ahora bien, la tercera estrategia, la *conservación*, es una respuesta económica racional que contempla el costo de la energía.⁹

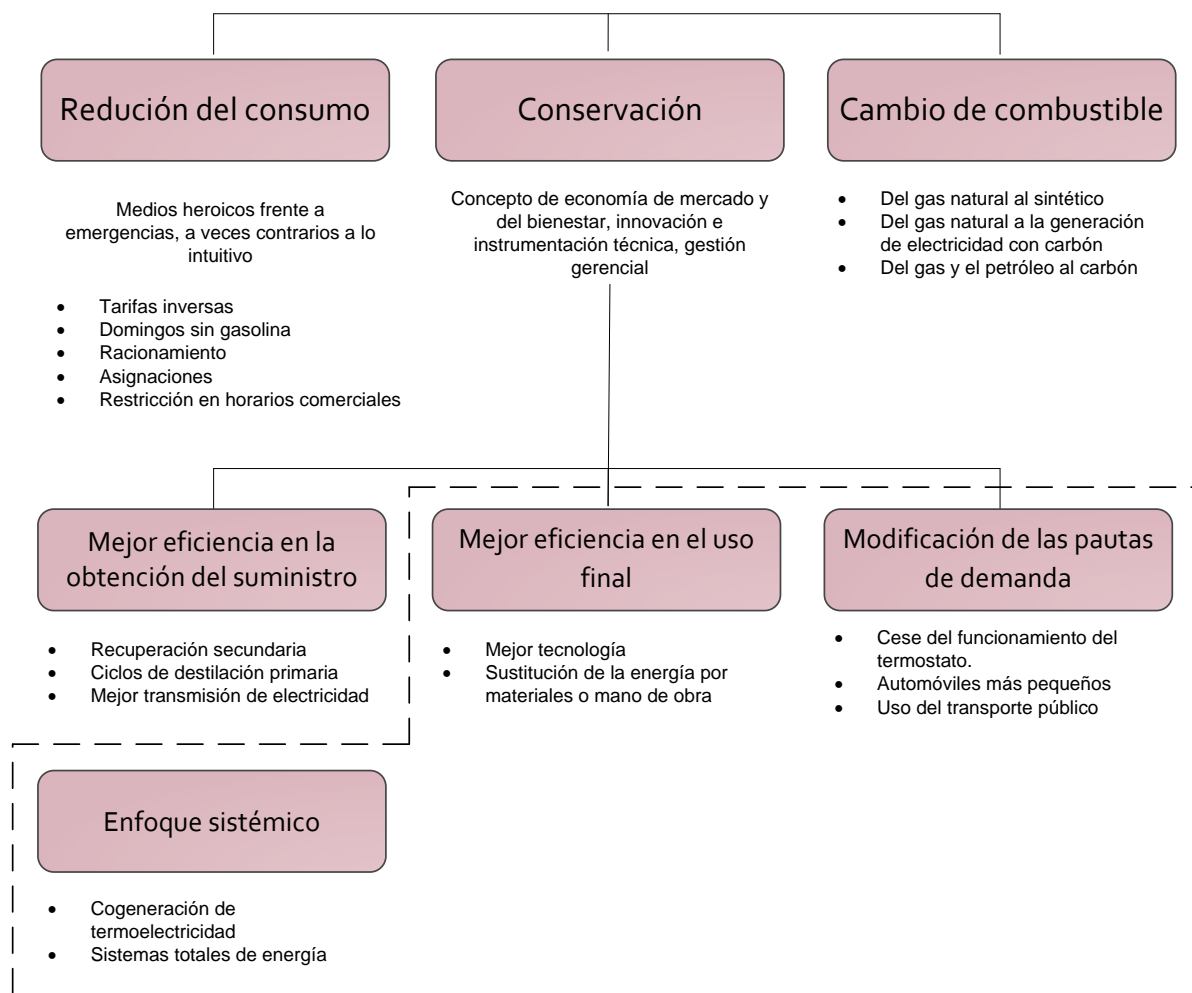
Y es que la conservación es sinónimo de ahorro y éste, como tal, va asociado al concepto tiempo. Un equipo consume tanta más energía cuanto más tiempo funciona, de manera que cuesta más dinero mientras más se prolonga su uso. En ese sentido, el ahorro debe ser una preocupación de los usuarios de cada equipo, los cuales, a la vez, deben tener consciencia de la importancia y los beneficios derivados del ahorro de energía. Precisamente por esa razón, Chauncey Starr afirma que es pertinente hacer una distinción entre la *conservación tecnológica* y la *conservación sociológica*. La primera se refiere al mejoramiento de la eficiencia en el uso de la energía, mientras que la segunda comprende la modificación de estilos de vida en relación al uso de la energía. El autor agrega que este último tipo de conservación tiene la dificultad adicional de ser voluntaria, por lo que su medición y pronóstico pueden presentar complicaciones.¹⁰

Esto sucede porque lamentablemente, en la mayoría de los casos, sólo cuando el precio de la energía se eleva con respecto al de los demás bienes y mercancías, se cambian las pautas de comportamiento económico a fin de mitigar el alto costo de la misma. De acuerdo con Gibbons, cuando aumentan los costos y la escasez de los recursos energéticos se dan tres respuestas sucesivas: la primera es la modificación de la conducta para disminuir los niveles de consumo, de manera que se utilizan en menor grado los equipos que consumen mucho. La segunda respuesta consiste en modificar los equipos de consumo energético en funcionamiento. En el primer caso, el objetivo es de corto plazo y pretende mitigar la precariedad económica causada por una situación traumática y repentina. El segundo corresponde a objetivos de mediano plazo que buscan modificar procesos existentes para ahorrar dinero al realizar un consumo energético todavía menor.

⁹ Gibbons, John. 1983. El imperativo de la conservación de la energía para el crecimiento económico.

¹⁰ Starr, Chauncey. 1983. Compatibilidad del crecimiento económico y de la tecnología de conservación.

Figura 7. Medidas para reducir la demanda de recursos energéticos escasos



Fuente: Gibbons, 1983.

Finalmente, tras experimentar los primeros beneficios derivados del ahorro de energía, se presenta la tercera respuesta: la búsqueda e implementación de nuevos equipos de alto rendimiento. El perfeccionamiento tecnológico continuo ha permitido contar cada vez con más instrumentos y herramientas diseñados para operar con un bajo consumo de energía eléctrica. Quizá el principal obstáculo es que muchas veces la introducción de nuevas tecnologías lleva tiempo y además, en el proceso se suscitan dudas en relación a las características operativas de las mismas. Sin embargo, es importante resaltar que la aplicación adecuada de éstas permite aprovechar las ventajas de los últimos avances en ingeniería para obtener un mejor rendimiento a menor costo.

En conclusión, si bien este ha sido en general el modus operandi que las naciones desarrolladas han seguido para enfrentar la inminente escasez de los recursos energéticos, sólo se pueden hacer conjeturas en torno a la repercusión futura del crecimiento económico en las naciones en desarrollo. Ya la experiencia de los países ricos ha demostrado que la energía es esencial para el desarrollo social, económico e industrial. En países como Guatemala, por consiguiente, es preciso realizar un esfuerzo preliminar para el ahorro de energía a fin de garantizar que se satisfagan sus necesidades energéticas futuras. En la

medida que se aprovechen las tecnologías de producción menos contaminantes y los medios más eficientes de generar y utilizar energía, mejores serán las perspectivas de desarrollo a largo plazo.

3. Planteamiento del problema. En los últimos años, la carestía del petróleo y sus derivados ha ocasionado que el costo de la energía eléctrica aumente considerablemente. Esto es especialmente cierto en países como Guatemala, donde se depende en gran medida de los combustibles fósiles para satisfacer la demanda nacional. De esta suerte, según el AMM, la matriz energética guatemalteca del 2009 revela que el 38.3%, el 8.5% y el 0.4% de la generación se realizan en centrales térmicas que consumen búnker, carbón y diesel, respectivamente. Esta dependencia de los combustibles fósiles para la producción de energía eléctrica provoca de manera inevitable el incremento de los costos de producción cuando sus precios son inestables. Además, resta competitividad a la industria guatemalteca en relación a otros países con mayor independencia energética y mayor aprovechamiento de recursos renovables.

Y es que sin lugar a dudas, la electricidad sigue siendo tan esencial para toda actividad productiva, que eventualmente, el pago por su consumo se ve como un mal necesario. Sin embargo, para cualquier empresa de naturaleza lucrativa es importantísimo medir y controlar eficientemente los costos. Por esta razón, ahora más que nunca, se ha puesto en relieve que el uso de la energía eléctrica debe ser planeado y administrado junto con otros insumos como la materia prima y la mano de obra; todo con el objetivo de lograr un desarrollo industrial sostenible.

4. Justificación de la investigación. La energía eléctrica es un insumo esencial para la actividad industrial en todo el mundo y Guatemala no es la excepción: según estadísticas de la CNEE, más del 30% de la energía eléctrica consumida en el país corresponde a la industria. Además, los pronósticos de crecimiento estimados por esta misma institución prevén que el aumento de la demanda actual hasta el año 2020 requerirá la instalación de 100 MW anuales como mínimo. Así pues, para asegurar la disponibilidad de energía eléctrica de manera sostenible no sólo se necesitarán nuevas centrales de generación sino que además, será indispensable el uso de medidas de eficiencia energética que permitan producir ahorros en la demanda, máxime por parte de los grandes usuarios.

Si bien hay muchas maneras en las que se puede lograr el ahorro por consumo de energía eléctrica en la industria, algunas empresas no están conscientes de las diferentes áreas de oportunidad que aplican a su situación particular; otras, por el contrario aunque pueden estar al tanto, no cuentan con los medios suficientes para implementarlas. Además, dado que en la última década no se ha editado un documento –dirigido especialmente a la industria guatemalteca– que explique los beneficios, soluciones y mejores prácticas para lograr la eficiencia energética; aún no se ha logrado un avance significativo en la difusión de la conveniencia y la necesidad ecológica de ésta en el contexto actual. Es así que se justifica la realización de este trabajo que tiene como objetivo concientizar sobre las bondades económicas que derivan de aplicar medidas de eficiencia energética.

5. Objetivos de la investigación

a. General

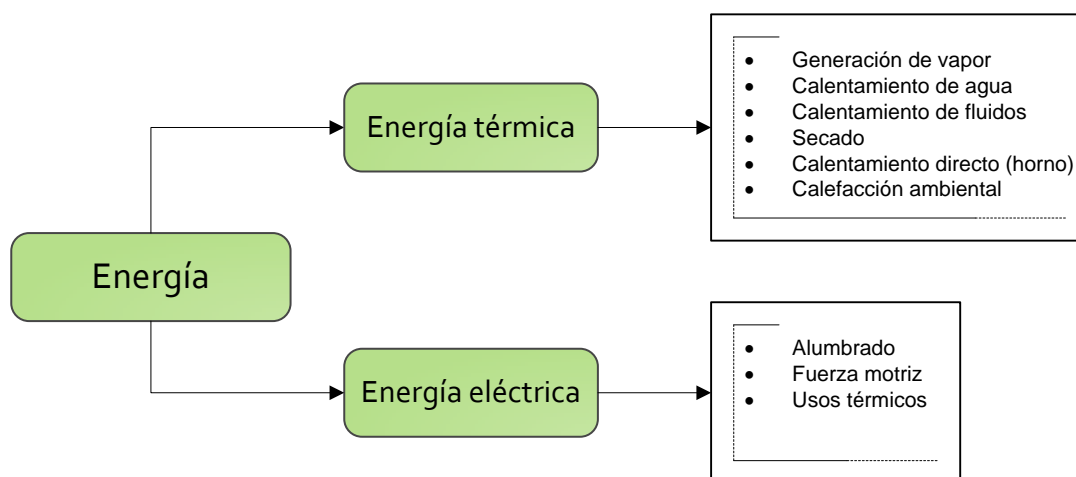
- Fomentar el uso de una metodología que permita optimizar el uso de la energía eléctrica en la industria guatemalteca.

b. Específicos

- Realizar una guía ad hoc a la industria guatemalteca que permita interpretar adecuadamente el concepto de eficiencia energética.
- Recomendar a la empresa objeto de estudio un plan de eficiencia energética que logre un ahorro mayor o igual al 10% del consumo actual de energía eléctrica una vez se haya implementado.
- Enumerar medidas de trascendencia para la industria guatemalteca que al implementarse, permitirán una reducción de las emisiones de CO₂ al ambiente.

6. Alcances de la investigación

Figura 8. Usos industriales de la energía



Fuente: Esquerri, 1988.

En este trabajo se considera el ahorro de la energía eléctrica en el ámbito industrial o bien para usos comerciales. No se pretende establecer un plan de acción para enfrentar la problemática de la energía a nivel global, precisamente por la gran diversidad de manifestaciones y aplicaciones que la energía comprende por sí sola. Es importante aclarar que tampoco se pretende dar a conocer cuáles son las últimas tecnologías para el uso eficiente de energía eléctrica. Aunque todo ello es de interés y seguramente tiene aplicaciones en el ámbito nacional, está fuera del objetivo de este trabajo. Para profundizar sobre los aspectos técnicos de las diferentes oportunidades de ahorro de energía eléctrica conviene referirse a diversas fuentes de información, muchas de las cuales tratan los temas a un nivel teórico más profundo. De cualquier forma, es posible afirmar que no existe una obra única que abarque todos los temas de interés en relación a la energía y su aprovechamiento. Así pues, este trabajo busca que el lector afirme ciertos conceptos básicos de eficiencia energética que le permitan comprender los alcances de ésta y los beneficios que podrían derivar de la misma.

II. MARCO TEÓRICO

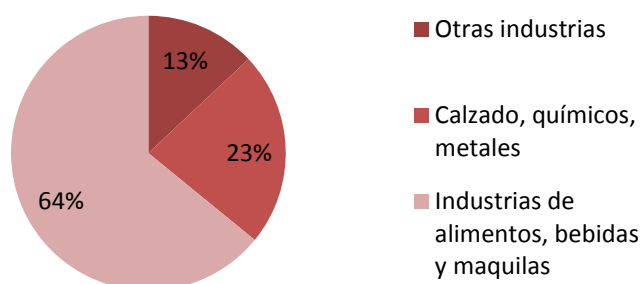
A. Industria guatemalteca y requerimientos energéticos

1. Caracterización de la industria guatemalteca. De acuerdo con el Informe Nacional de Desarrollo Humano 2007/2008 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), «la plataforma concreta para la realización de las libertades económicas [...] es el aparato productivo nacional. Éste, generador de la riqueza que mide el PIB, se divide tradicionalmente en tres grandes sectores productivos: primario, secundario y terciario. El sector primario incluye todas las actividades de producción de bienes agropecuarios. El sector secundario comprende todas las actividades de producción de bienes industriales y de manufactura. En el sector terciario, el más heterogéneo de ellos, se encuentran todos los servicios». Así pues, por la naturaleza de este trabajo, es conveniente hacer una caracterización del sector secundario que corresponde a la industria. Para tal fin se recurrirá a la información presentada por el Banco de Guatemala (BANGUAT) para mostrar las principales características de la misma.

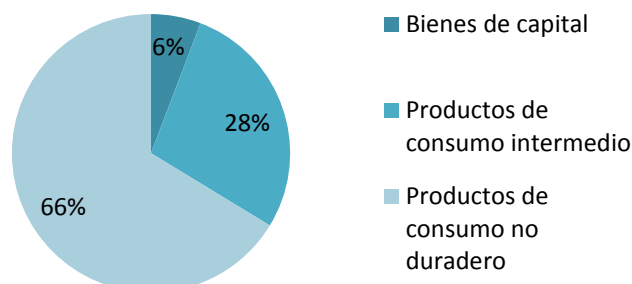
Las tres industrias más importantes del país por su vocación exportadora, peso dentro del PIB industrial y capacidad de generación de empleo son la maquila, los alimentos y bebidas y los químicos y farmacéuticos. En esta sección se profundiza su descripción.

Figura 9. Los contrastes de la industria en Guatemala.

A) Peso relativo sobre el PIB industrial



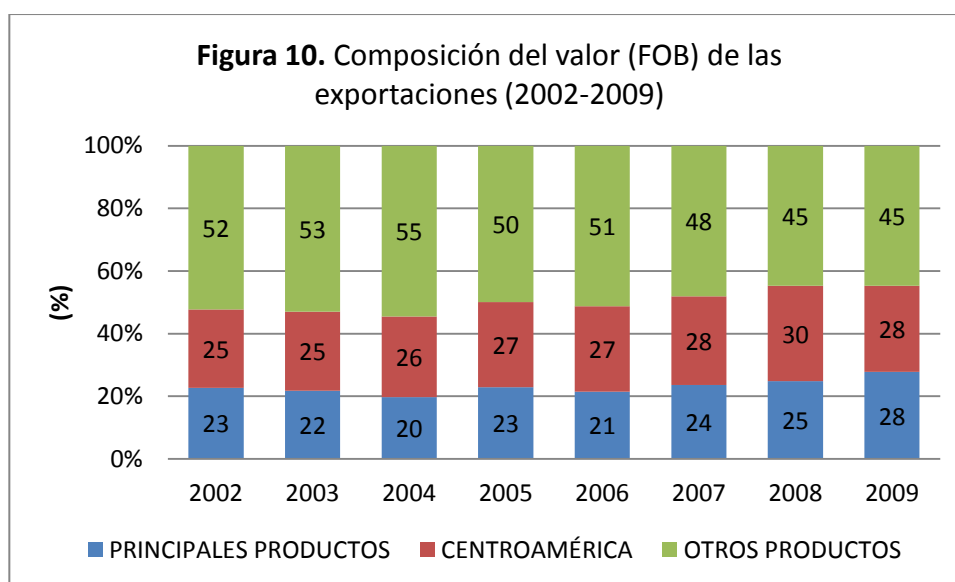
B) Destino de la producción industrial



Fuente: Informe de Desarrollo Humano 2007/2008, PNUD.

Como se puede observar en la Gráfica B de la Figura 9, el sector destina la mayoría de su producción a los bienes de consumo no duradero. En el 2007, estos bienes representaron, en promedio, alrededor de dos tercios (66%) de la producción industrial total. Dentro de la producción de bienes de consumo no duradero, los productos tradicionales, tal como los alimentos y las bebidas, continúan siendo parte importante de la producción industrial. Esto es evidente en la Gráfica A de la Figura 9 ya que la producción de estos bienes constituyó más del 60% del PIB industrial para el mismo año.

Con todo, es posible afirmar que la agricultura continúa siendo uno de los pilares de la economía guatemalteca, de manera que el crecimiento del sector industrial aún enfrenta muchos retos. Esto se puede notar al analizar la composición de las exportaciones: desde el año 2002 hasta el 2009, entre el 20 y el 28% de éstas correspondió a los principales productos de exportación: azúcar, banano, café, cardamomo y petróleo. Por otro lado, durante el mismo período, entre el 25 y el 30% del valor total de las exportaciones correspondió a las transacciones realizadas con los países Centroamericanos. Por último, entre el 45 y el 55% de las exportaciones atañeron al rubro “otros productos”. En éste se incluye la exportación de diversas mercancías agrícolas y de manufactura que en conjunto constituyen el segmento más grande de las exportaciones del país en el período considerado.

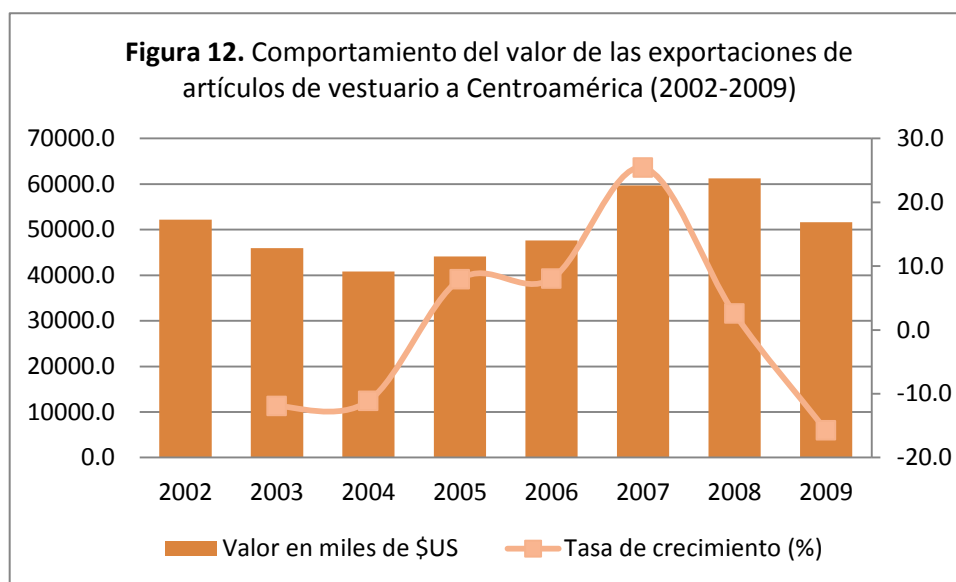


Fuente: elaboración propia con datos del Banco de Guatemala. FOB: *Free On Board*. Indica que el vendedor no cubre los costos de embarque de la mercancía.



Fuente: elaboración propia con datos del Banco de Guatemala.

Cabe mencionar que entre los bienes agrupados en el rubro “otros productos” destacan precisamente los artículos de vestuario, los productos alimenticios y los productos químicos por su mayor volumen de participación dentro del mismo. En la Figura 11 se puede observar cómo la exportación de productos de vestuario ha venido disminuyendo desde el año 2004. Por otro lado, se observa que a pesar del pequeño tamaño de las industrias de químicos y de alimentos en relación a la del vestuario, las exportaciones de éstas han venido aumentando consistentemente en los últimos años.

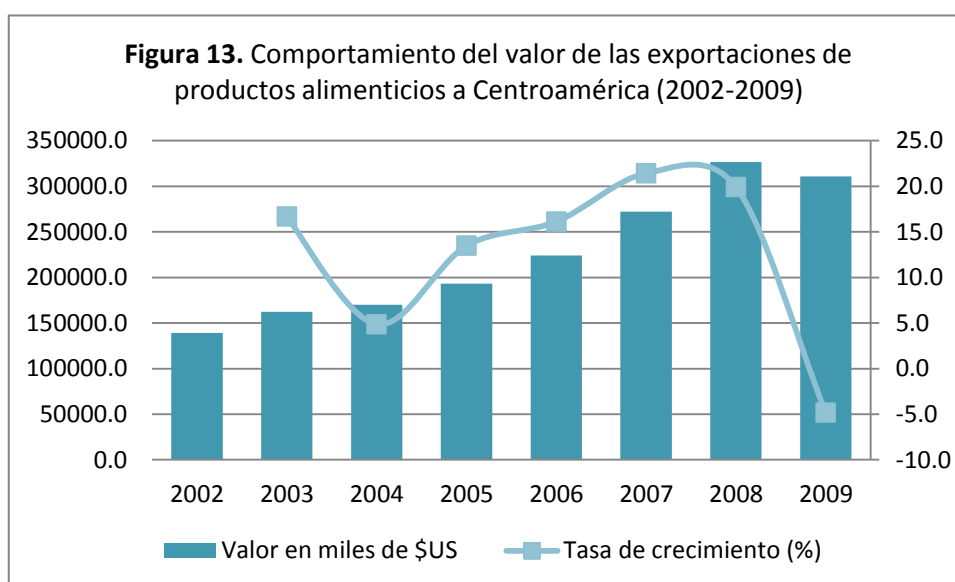


Fuente: elaboración propia con datos del Banco de Guatemala.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en Guatemala afirma que «en sus inicios, la maquila constituyó un enclave moderno de propiedad extranjera, con producción destinada a Estados Unidos. El capital, proveniente en su mayoría, de Corea del Sur, recibía y aún recibe un trato impositivo preferencial. La inestabilidad inherente de un esquema de atracción de inversiones extranjeras basado en el concepto de zonas francas [...], el origen extranjero del capital y las altas tarifas de electricidad (insumo primordial para la maquila) de Guatemala, presagiaban una alta volatilidad de su producción. Sin embargo, la maquila se ha asentado como la actividad más importante del país. Su éxito exportador, a pesar de su reciente desaceleración, responde a las preferencias arancelarias que le otorgó Estados Unidos mediante el sistema generalizado de Preferencias y la Iniciativa de la Cuenca del Caribe. También son ingredientes del éxito inicial su proximidad con el mercado de Estados Unidos y su capacidad de innovación y transición hacia la modalidad de “paquete completo”.¹¹ Esta importancia exportadora se refleja en las oportunidades de empleo: aunque la maquila aún sufre de constantes denuncias por abusos laborales, se debe reconocer que es una fuente importante de ingreso y trabajo, especialmente trabajo femenino. En el 2007, las 188 empresas del sector empleaban a aproximadamente 88 mil trabajadores. Además, del total

¹¹ Programa integrado de producción, para la elaboración de prendas de vestir, donde los fabricantes se encargan de la operación completa, desde el desarrollo del producto, abastecimiento de insumos, coordinación y logística, corte, producción, accesorios, empaque y embarque.

de fuerza laboral que participa en esta industria, el 80% está conformado por mujeres»¹². Por último, este informe destaca que «aunque inició con predominio de capital extranjero, el control de la producción de maquila lentamente ha venido trasladándose a manos de grupos empresariales guatemaltecos, en parte porque algunos inversionistas extranjeros se han retirado del país. Este cambio promete incrementar la estabilidad de la producción de esta actividad por dos razones: primero, estos grupos no tienen el mismo interés y capacidad para mudarse de país a país como los empresarios extranjeros; y segundo, estos grupos gozan de ventajas competitivas en Guatemala, como conocimientos y experiencia local, así como redes de capital político y social con que no contarían en otros países. Por estas razones, la propensión de estas empresas por mudarse es menor bajo el control de grupos empresariales nacionales: un cambio en sus costos de producción –por cambios en las condiciones laborales, las tarifas eléctricas, las cargas impositivas, etc.– no causaría tanta fuga de capital como en el caso de que todas fuese controladas por el extranjero»¹³.

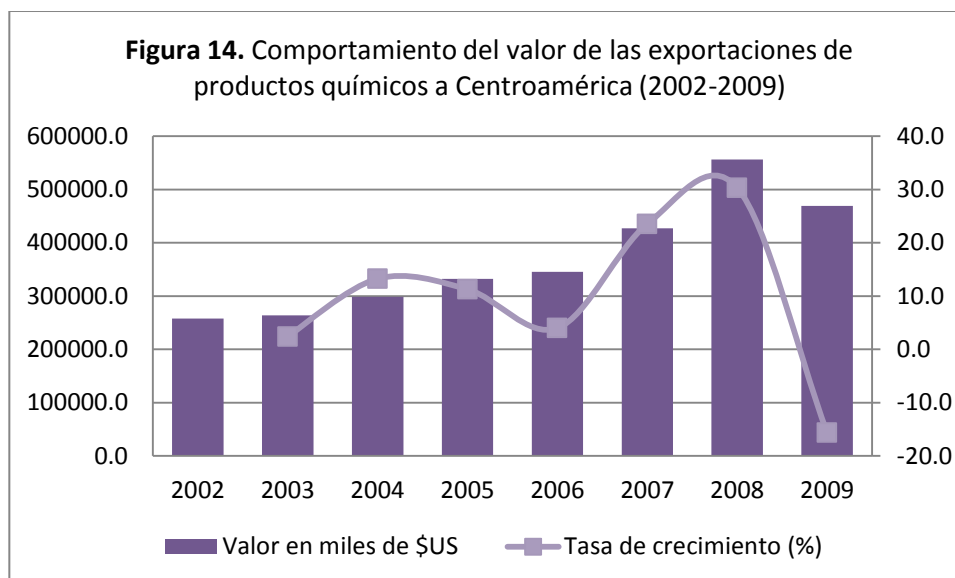


Fuente: elaboración propia con datos del Banco de Guatemala.

La industria de alimentos y bebidas en Guatemala representa uno de los sectores productivos de mayor importancia en la economía nacional, pues no solamente genera productos para el consumo nacional sino que también abastece al mercado del resto de países centroamericanos. De acuerdo con los datos de las antiguas cuentas nacionales del BANGUAT, del 2000 al 2005, en promedio los alimentos representaban casi el 70% de la producción del rubro, mientras que las bebidas representaban solamente el 30%. Además, es importante destacar que su crecimiento ha sido consistente entre el 2002 y el 2008 (entre el 4.9 y el 21.4%), sin embargo; en el 2009 se observa una reducción de 4.8% que probablemente tiene su origen en la recesión mundial ocurrida en los últimos dos años. Durante el período considerado en la gráfica, la participación de esta industria se ha mantenido entre el 13 y el 16% del valor total de las exportaciones al istmo, hecho que la convierte en el segundo rubro de mayor importancia en cuanto a las transacciones realizadas con los países centroamericanos.

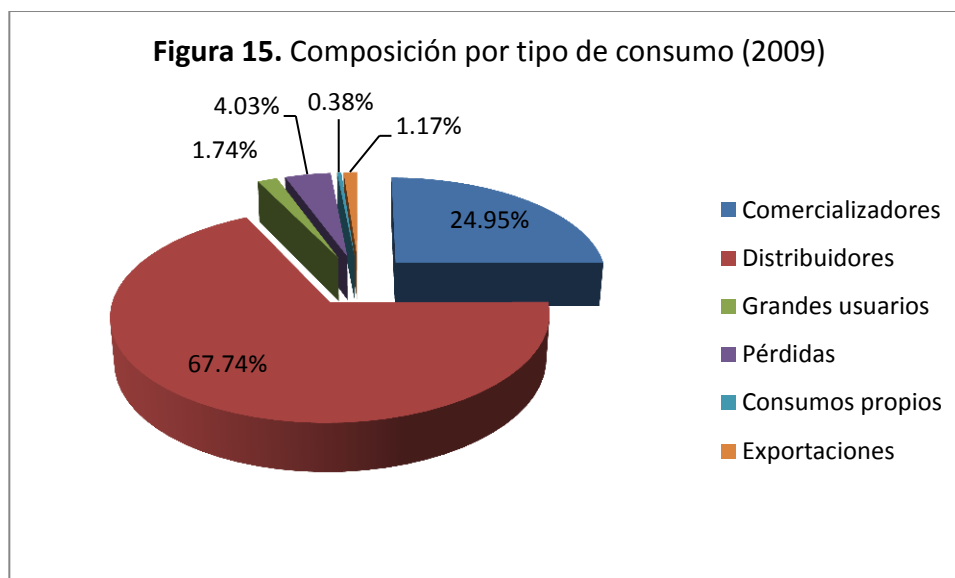
¹² Informe Nacional de Desarrollo Humano 2007/2008. Volumen I. Guatemala: ¿Una economía al servicio del desarrollo humano?

¹³ *Ibidem*



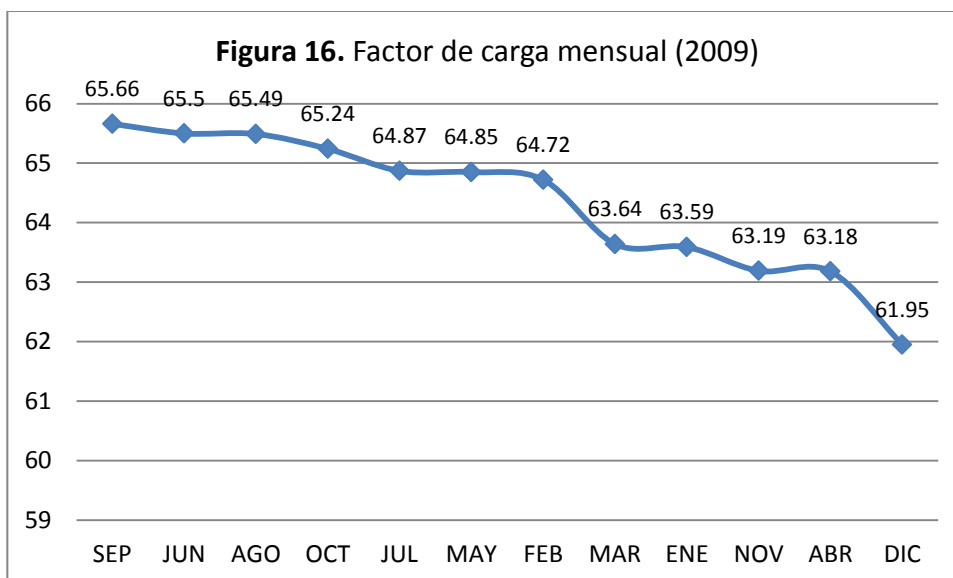
Fuente: elaboración propia con datos del Banco de Guatemala.

La industria de los químicos es de particular relevancia en Guatemala por una razón: muestran el mayor crecimiento dentro de las exportaciones industriales, por lo menos en lo que toca al mercado de Centroamérica. Es precisamente, el rubro que aporta mayores ingresos al país puesto que entre el 2002 y el 2009, ha representado más del 20% del valor total de las exportaciones al istmo. En el período considerado en la gráfica, se puede notar que su crecimiento ha sido positivo (entre el 2 y el 30%) a excepción del 2009, en donde se contrajo en un 15.6% por efecto de la recesión, como se ha mencionado anteriormente. Es importante mencionar que en esta categoría también se incluye la industria farmacéutica que se dedica a la producción de diferentes especialidades medicinales: sólidos (píldoras), semisólidos (cremas) y líquidos (jarabes y ampollas) que se venden no sólo en el mercado nacional sino también en otros países de Centroamérica.



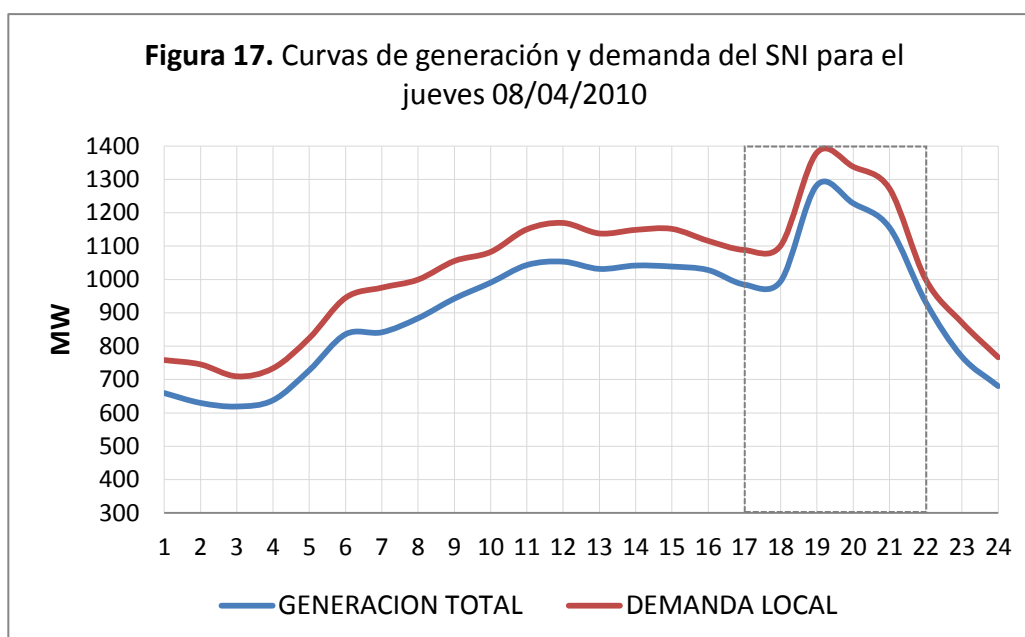
Fuente: elaboración propia con datos del Administrador del Mercado Mayorista.

2. Demanda energética en el sector eléctrico guatemalteco. En el 2009, el consumo local de energía eléctrica incluyendo los consumos propios reportados de las unidades, centrales generadoras y equipos de transporte de energía eléctrica, alcanzó los 7,597.86 GWh, con un crecimiento del 2.26% respecto al año anterior. Si se toma en cuenta que la exportación de energía al Mercado Eléctrico Regional fue de 94.10 GWh y que las pérdidas en los sistemas de transmisión fueron de 322.71 GWh, el consumo total asciende a 8,014.67 GWh. Tal como se observa en la Figura 15, el 67.74% del consumo corresponde a las distribuidoras. Esto pone en relieve que el sector residencial (que incluye también a los comercios) es el responsable del mayor consumo de energía eléctrica en el país. A continuación le siguen las comercializadoras con el 24.95%. Dado que éstas se encargan comprar y vender bloques de energía eléctrica para los grandes usuarios, dicho consumo atañe a todos aquellos participantes con demanda máxima de potencia por arriba de los 100 kW. De esta manera, las comercializadoras y los grandes usuarios, en conjunto son responsables por el 26.68% del consumo total de energía eléctrica en el país.



Fuente: elaboración propia con datos del Administrador del Mercado Mayorista.

Para analizar la demanda también es importante notar la evolución del factor de carga durante el último año. Éste indica la relación entre la energía total consumida en un período y la capacidad instalada disponible en el mismo, de manera que proporciona una descripción del comportamiento de la demanda durante ese lapso. Así, un factor de carga cercano a 1 indica el aprovechamiento constante de la carga a lo largo del intervalo considerado. Por otro lado, mientras más se aleja el factor de carga de 1, revela una utilización ineficiente del recurso energético. En Guatemala, para el 2009, éste se mantuvo entre 61.95 y 65.66%, lo cual demuestra que el consumo tuvo grandes variaciones en el tiempo y que el pico del consumo fue alto respecto al consumo promedio.



Fuente: Administrador del Mercado Mayorista.

Para comprender mejor cómo se interpreta el factor de potencia, conviene revisar la curva de demanda pues esta explica con mayor claridad el comportamiento del consumo de la energía eléctrica. En la Figura 17, se puede observar el consumo horario del Sistema Nacional Interconectado (SNI) correspondiente a un día hábil típico. Al observar la tendencia que sigue demanda local a lo largo de un día, es notoria la variación del consumo de energía durante el mismo. Éste alcanza sus puntos más altos entre las 18 y las 22 horas, período que corresponde precisamente a la banda de punta. Así, para la fecha indicada en la gráfica, la demanda máxima del SNI fue de 1380.23 MW y ocurrió a las 19:00 horas. Es importante resaltar que la razón de tomar una hora como período referencia se debe a que las transacciones comerciales desarrolladas por el Administrador del Mercado Mayorista se efectúan en forma horaria, de manera que las mediciones oficiales se obtienen cada 60 minutos. De esta cuenta, si se asume que el consumo se mantiene constante en cada hora, al sumar las 24 mediciones se obtiene un consumo total de energía eléctrica igual a 24,520.4 MW. Esto da como resultado un consumo promedio de 1,021.68 MW. Asimismo, si se agrega que la capacidad instalada del SNI para abril de 2010 fue igual a 2,067.22 MW, finalmente es posible calcular el factor de carga para el 08/04/2010:

$$FC = \frac{D_p}{CI} = \frac{1,021.68 \text{ MW}}{2,067.22 \text{ MW}} = 0.49$$

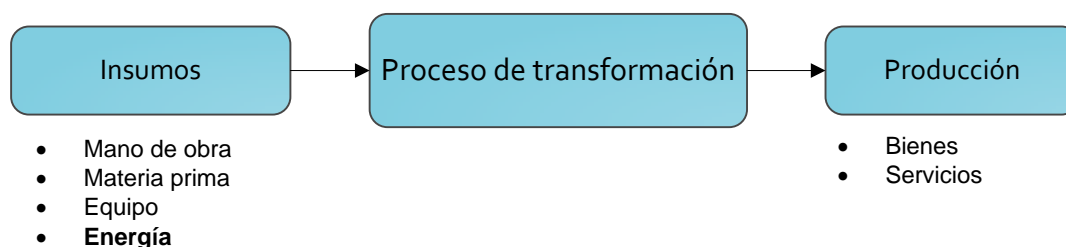
En donde FC es el factor de carga, D_p la demanda promedio y CI la capacidad instalada. El resultado muestra a todas luces la subutilización de la capacidad instalada del sistema eléctrico nacional. Cabe mencionar que un comportamiento como éste es característico de los países en desarrollo en los que el consumo de electricidad se realiza principalmente para el sector residencial y no para producción industrial; de ahí que exista un aumento significativo de la demanda alrededor de las 18 horas. En contraste, el consumo de energía eléctrica en los países industrializados no se aleja mucho de su capacidad instalada consecuencia de un mayor consumo industrial durante el transcurso del día. Todo esto pone de manifiesto que la cantidad de energía eléctrica que un país consume depende básicamente de tres factores: el tamaño de su economía, el nivel de industrialización y la eficiencia con que emplea la energía. Si bien los países en desarrollo tienen mayor crecimiento demográfico, su producción industrial y consumo de energía per cápita son relativamente bajos si se comparan con los de las naciones desarrolladas. No obstante, lo más probable es que en las próximas décadas los principales consumidores de energía sean los países en desarrollo. De acuerdo con el Banco Mundial, «el vínculo entre crecimiento económico y aumento del consumo de energía —acompañado de un incremento en las emisiones de CO_2 — es directo y positivo en los países de ingreso bajo y mediano. Pero con niveles de ingreso elevados, hay indicios de una reducción del consumo de energía per cápita y de la contaminación per cápita a pesar del crecimiento económico. Ello ocurre porque la energía se utiliza con mayor eficiencia y se introducen tecnologías menos contaminantes. [...]».¹⁴ Esta salvedad pone en relieve el reto que enfrenta el sector eléctrico en Guatemala: la adopción de un modelo de crecimiento sostenible que permita el desarrollo del consumo eléctrico para fines productivos.

¹⁴ Soubbotina, Tatyana. 2004. *Beyond Economic Growth: An Introduction to Sustainable Development*. Segunda edición.

B. Aspectos conceptuales

1. La energía como insumo del proceso productivo. Es un hecho que todas las organizaciones producen algo. Sin embargo, esto no ocurre de forma espontánea; para lograrlo deben consumir recursos y llevar a cabo una serie de acciones interrelacionadas e interdependientes que una vez completadas, dan como resultado bienes y/o servicios que se pueden ser vendidos a los clientes. En otras palabras, cada organización cuenta con mecanismo que transforma elementos de entrada en elementos de salida y éste se denomina *sistema productivo*. El término se refiere a todos aquellos medios por los cuales ciertos recursos utilizados como insumos pueden ser transformados o convertidos en productos terminados, listos para satisfacer las necesidades de un mercado determinado. La misma definición puede aplicarse para aquellos sistemas que procuran la entrega de servicios, más que bienes o productos manufacturados. En todo caso, un sistema productivo podrá clasificarse como tal según su capacidad para crear valor al recibir insumos (personal, tecnología, capital, equipo, materiales e información) y transformarlos a través de diversos procesos y procedimientos en bienes y servicios terminados.

Figura 18. Esquema del sistema productivo de toda organización



Fuente: Selva, 1998.

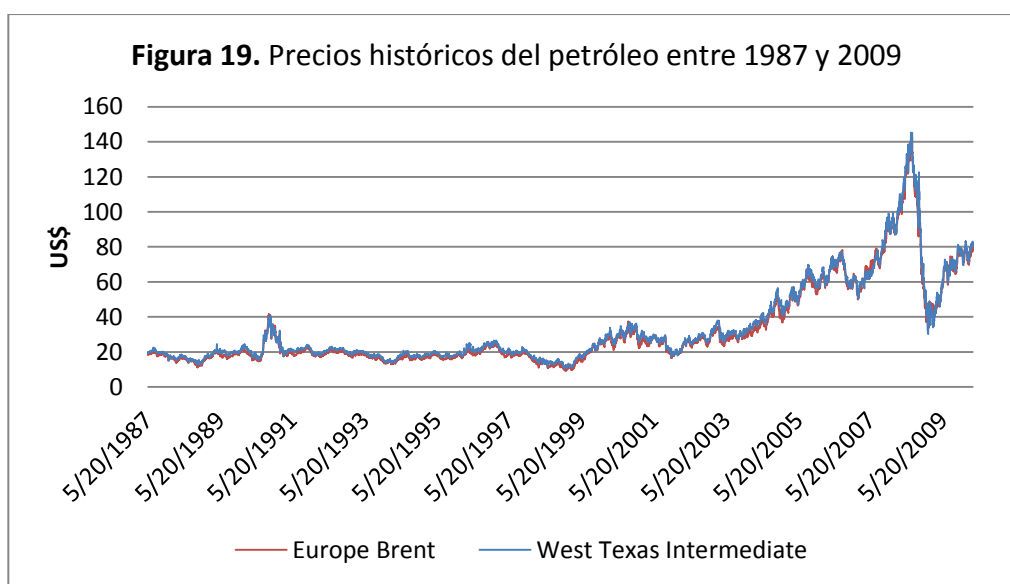
Aunque tradicionalmente entre los insumos del sistema productivo se cuentan la mano de obra, la materia prima y la maquinaria, por mencionar algunos; sólo en las últimas décadas la energía ha empezado a ser identificada en forma distintiva como insumo clave. Y es que de no ser precisamente por los constantes vaivenes del precio de ésta durante los últimos cuarenta años, quizá los administradores no hubiesen tomado consciencia de cuán importante es la misma en su calidad de insumo.

Este cambio de percepción de la energía como un insumo que debe ser planificado y administrado de la mejor forma posible ha venido ocurriendo porque muchos países, incluso Guatemala, aún dependen en gran medida de centrales térmicas¹⁵ para la generación de energía eléctrica. Es así que las fluctuaciones en el precio del “oro negro” y sus derivados inciden directamente sobre los costos operativos de compañías industriales, comerciales, agrícolas y de servicios. Ya las dos crisis del petróleo ocurridas en la década de los setenta habían puesto de manifiesto la gran dependencia que tenía el mundo industrializado del petróleo de la OPEP. Tan sólo en Centroamérica, durante ese mismo período, el consumo energético aumentó a una tasa del 9% anual y el petróleo importado

¹⁵ Una central termoeléctrica o central térmica es una instalación empleada para la generación de energía eléctrica a partir de la energía liberada en forma de calor, normalmente mediante la combustión de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón.

satisfizo el 93% de las necesidades energéticas comerciales de la región (Selva y Umaña, 1988). Fue este acontecimiento, en definitiva, el punto de partida para que se produjera una sensibilización paulatina hacia el ahorro y la utilización eficaz y responsable de la energía, preponderantemente en las naciones desarrolladas.

Y es que la sostenibilidad energética, más que un tema de moda es una necesidad apremiante. Sin ir tan lejos, apenas en julio de 2008 el precio de este *commodity* registró picos de casi US\$150 por barril aunque dichas alzas, en realidad, no tuvieron mucho que ver que ver con la situación de la oferta y la demanda actuales. Una investigación del banco de inversión estadounidense Morgan Stanley encontró que existe una correlación inversa entre el debilitamiento del dólar estadounidense y el aumento de los precios del petróleo. Dado que el petróleo se valúa en dólares, cuando el valor de esta moneda baja, el precio del petróleo también baja en otras divisas, lo que a su vez, impulsa simultáneamente el consumo fuera de Estados Unidos y motiva a los productores no estadounidenses a elevar los precios para compensar el poder adquisitivo que perdieron a causa de la devaluación de la moneda estadounidense.



Fuente: elaboración propia con información de la U.S. Energy Information Administration

De esta suerte, independientemente de cuáles sean las causas, muchos analistas prevén que la tendencia en el futuro será al alza. Este pronóstico pone en relieve que hoy más que nunca, se ha confirmado la necesidad de enfocar sistemáticamente la energía como un insumo del proceso productivo que necesita ser administrado efectivamente, sobre todo porque su encarecimiento repercute negativamente en los costos de las empresas. A pesar de esto, todavía en nuestro medio, los conceptos de administración de los recursos energéticos todavía no han permeado de forma generalizada en muchos gerentes de empresas centroamericanas.

Quizá la causa de esto es que a pesar de que la energía es indispensable e insustituible en todo proceso, su importancia relativa respecto a otros insumos es sumamente variable. En el caso de la industria cementera, por ejemplo, el costo de los

recursos energéticos tiene mayor peso en los costos de producción; pero en la mayoría de otras industrias los recursos energéticos representan un componente relativamente pequeño de los costos totales. Sin embargo, indiferentemente de su papel dentro del proceso productivo, el manejo de los recursos energéticos provee una herramienta sumamente útil para el control de los costos de producción. Esto a su vez, permite mejorar no sólo la productividad sino también la competitividad de la empresa.

2. La gestión de energía en la industria. El ahorro de energía *per se* implica, principalmente, medir la energía consumida y buscar formas de reducir la misma. La gestión de la energía, por otro lado, va más allá puesto que busca conseguir la máxima eficiencia en la utilización de la energía con el fin de reducir su consumo sin afectar la comodidad, la productividad o la calidad de los bienes/servicios. En su publicación *Gestión de energía* (2006), Sancho, Miró y Gallardo afirman que entre los objetivos fundamentales de la gestión energética se pueden enumerar los siguientes:

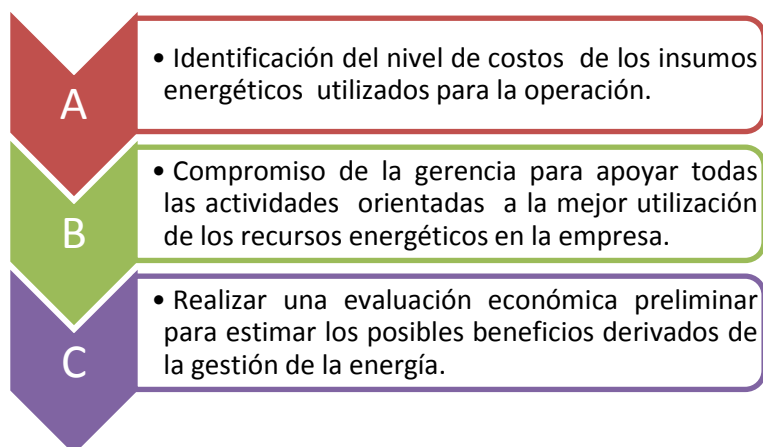
- Mantener e incluso aumentar la producción reduciendo el consumo de energía. Es necesario demostrar que la producción de bienes y servicios puede mantenerse e incluso aumentarse reduciendo el consumo y el costo de energía.
- Conseguir, de modo inmediato, los ahorros que no requieran una inversión significativa. Demostrar que existen importantes posibilidades.
- Aprovechar las oportunidades de ahorro de energía mediante inversiones rentables. Demostrar que se pueden realizar mejoras importantes, que se paguen por sí solas con el ahorro que consiguen.

Los autores aseveran que para lograr los objetivos listados arriba, la empresa debe tomar en cuenta determinadas funciones que deben atenderse de manera diligente y responsable para lograr el éxito del sistema de gestión de energía. En un sentido amplio, estas funciones incluyen:

- Análisis energético: Cabe establecer dos tipos de análisis energético; uno de control del consumo y otro de auditoría o diagnóstico. Lo primero que se necesita para establecer un plan de ahorro de energía es saber qué, cómo, dónde y cuánto se consume. Para ello es necesario implementar un sistema de contabilidad energética que permita conocer los consumos de cada fuente de energía en cada uno de los puntos de consumo. Para conocer la situación energética de los diferentes equipos y operaciones básicas, es necesario realizar una auditoría energética en profundidad que permita conocer los consumos y las posibles estrategias para reducirlos.
- Programa de ahorro de energía: a partir de los datos obtenidos por el análisis anterior, sería posible establecer un amplio plan de ahorro que considere en primer lugar las mejoras que no requieren de inversión apreciable: capacitación del personal, mantenimiento de mejoras de operación y organización. En segundo lugar, aquellas que necesiten inversiones: modificación de equipos, innovaciones tecnológicas que cambien los procesos y la optimización e integración de los mismos.

El enfoque administrativo que la gerencia debe dar al insumo energético, es en principio el mismo que debe aplicar en la optimización de sus recursos financieros, o en los inventarios de materia prima. Tal como se ha recalcado, al crecer los costos de la energía, el uso de la misma requiere un esfuerzo de planificación que permita lograr una utilización eficiente y equilibrada de los recursos energéticos. De esa forma el administrador puede identificar el peso que la energía ha adquirido en el caso de su actividad particular y los posibles mecanismos que puede implementar para administrarla de la manera más conveniente. Así, según el costo de la energía, la retribución de una inversión para utilizar más eficientemente los recursos energéticos puede abarcar toda una gama de posibilidades: el proyecto puede representar una proporción extremadamente alta del beneficio con respecto al costo, una proporción que resulta menos atractiva, o incluso puede ser que el mismo carezca totalmente de atractivo. En todo caso, antes de abordar un proyecto con seriedad, éste deberá ser respaldado por un análisis económico racional. Además, debe tenerse en cuenta que proyectos de este tipo exigen cierto capital para implementarse y un tiempo considerable para medir los primeros resultados. La Figura 20 resume algunas salvedades que deben tomarse en cuenta antes de emprender la gestión de los recursos energéticos.

Figura 20. Etapas preliminares antes de implementar un programa de administración de recursos energéticos.



Fuente: elaboración propia.

C. La gestión de la energía en la empresa

1. El gestor energético. Esquerra (1988) afirma que en una organización empresarial de tamaño considerable, la gestión de la energía puede llevarse a cabo estableciendo un comité encargado de impulsar e implementar proyectos para el ahorro de energía y comprobar la efectividad de los mismos. En este caso, además, se hace necesaria la participación de un gestor energético que coordine y dirija las actividades de dicho comité, de manera que éste sea el máximo responsable de todo lo relacionado con la gestión energética.

Por otro lado, cuando se trata de organizaciones de pequeño tamaño el papel del gestor y del comité lo jugará una persona responsable de la gestión que, generalmente, contará con el consejo de un consultor externo especializado en cuestiones energéticas y dedicará a la gestión parte de su tiempo. En este caso, los trabajos de medición y auditoría serán efectuados por personas ajenas a la empresa y pertenecientes a empresas u organizaciones consultoras especializadas.

Este autor también señala un detalle importante: es preferible que el gestor energético sea un técnico calificado y con experiencia profesional en temas energéticos (combustible, electricidad, etc.) y en métodos de valoración financiera de proyectos. En cualquier caso, sin embargo, el gestor energético (GE) debe tener un amplio espíritu crítico y capacidad sobrada para la dirección de un equipo de trabajo. Naturalmente, la dirección de la empresa, de la que el GE dependerá, debe definir claramente los límites de actuación, en particular en lo que se refiere a la autoridad delegada en materia de energía tanto a nivel de servicios generales como a nivel de departamentos de producción. Es decir, debe quedar bien claro si el papel del GE es un papel ejecutivo o simplemente consultivo. Es importante que el GE dependa directamente de un solo director y que tenga libre acceso a todo tipo de información relativa a temas energéticos. Por último, Esquerra indica que es de esperar que las responsabilidades de cada gestor energético sean distintas según la organización de las empresas para las que laboran. No obstante, las que se listan a continuación son tareas comunes a cualquiera que se dedique a dicha labor:

Figura 21. Responsabilidades del gestor energético.



Fuente: elaboración propia.

Es importante que el GE dependa directamente de un solo director y que tenga libre acceso a todo tipo de información relativa a temas energéticos. Por último, Esquerra indica que es de esperar que las responsabilidades de cada gestor energético sean distintas según la organización de las empresas para las que laboran. No obstante, las que se listan a continuación son tareas comunes a cualquiera que se dedique a dicha labor:

- Mantener al día la información sobre los consumos, existencias y compras de productos energéticos.
- Revisar regularmente los parámetros relativos al uso y consumo de la energía, así como prever las tendencias que estos parámetros seguirán.
- Recabar información de los consumos energéticos por departamentos, secciones o equipos, etc. y asegurar que tal información se mantiene al día y que se mide en las mismas unidades energéticas.
- Coordinar los esfuerzos de todos los implicados directamente en el uso de la energía, colaborando con ellos para fijar objetivos claros y realistas para lograr la reducción del consumo.
- Proporcionar orientación, soporte técnico e información sobre las tecnologías, soluciones y mejores prácticas para el ahorro de energía.
- Identificar los puntos donde se generan desperdicios de energía, cuantificar las pérdidas en términos económicos y formular recomendaciones para reducirlas.

2. Auditoría energética. Una auditoría energética es un análisis progresivo que revela dónde y cómo se usa la energía en un conjunto de instalaciones e incluye toda una gama de opciones, enfoques y combinaciones de actividades y trabajos. Precisamente por esa razón es necesario hacer una distinción, aunque sea de manera breve, de las posibles clasificaciones que pueden darse dentro del concepto global. En primera instancia, se puede diferenciar entre auditorías totales o parciales según sea su ámbito de aplicación. Asimismo, es posible realizar una segunda clasificación en relación al momento en que se realizan ya que las auditorías se pueden llevar a cabo durante el diseño del proyecto, durante la ejecución del mismo o cuando las instalaciones ya están operando. En cualquier caso, el objetivo primordial de la auditoría energética será proponer soluciones viables para lograr un uso más eficiente de los recursos energéticos disponibles. Es importante resaltar que para obtener buenos resultados en la auditoría energética y en la implementación de soluciones y/o proyectos, es necesario que la auditoría energética sea llevada a cabo por profesionales con formación y experiencia en el campo.

Para lograr la ejecución exitosa de una auditoría energética, es importante tener una agenda específica –diseñada por el personal especializado– que detalle los pasos necesarios para llevar todas las tareas pertinentes de manera ordenada. Esto redundará en un aumento de la eficacia tanto de las labores de análisis y estudio como de la posterior toma de decisiones y planteamiento de alternativas. Adicionalmente, es importante recalcar que una primera auditoría no debe ser compleja ni pretender profundizar demasiado en los detalles con el pretexto de hacerla muy precisa. El objetivo inmediato es conseguir resultados preliminares que den una luz sobre los aspectos que deben profundizarse en próximas auditorías. Así pues, el objetivo primordial de una primera auditoría es determinar la importancia de los problemas más que realizar una cuantificación precisa de los mismos. Esto permitirá introducir de manera inmediata las medidas correctivas necesarias que no requieran inversión cuyos primeros resultados servirán para demostrar y justificar la importancia del trabajo realizado durante la auditoría.

D. La energía eléctrica en la empresa

Figura 22. Fotografía de la Subestación Guatemala-Sur.



Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

1. Características de la electricidad. Basta con mirar a nuestro alrededor para comprobar que la mayor parte de nuestras actividades actuales se desarrollan directa o indirectamente con el uso de la electricidad. De una manera sencilla, se puede expresar que la electricidad es un fenómeno físico producido por cargas¹⁶ en movimiento y que a la vez puede manifestarse en fenómenos mecánicos, térmicos, luminosos o químicos, entre otros. Ésta, además, posee ciertas características que la convierten en un recurso único e insustituible. A continuación se enumeran algunos aspectos de la electricidad que tienen un impacto en la operación de toda empresa y en la estructura de costos de la misma:

a. Almacenamiento: La energía eléctrica no puede ser almacenada tal como se hace con la materia prima, de manera que resulta imposible mantener inventarios de este recurso. Así, el kilowatt que cada usuario consume en este instante está siendo producido en alguna planta de generación; transportado por una línea de transmisión y distribuido mediante una red de distribución. Por un lado, esta característica de la electricidad exige una capacidad operativa y económica enorme las empresas que la suministran. Por el otro, constituye una ventaja para el usuario puesto que el recurso energético es entregado a su sistema en las cantidades requeridas, sin que se vea en la necesidad de almacenarlo.

¹⁶ La carga eléctrica es una propiedad que nace de la estructura atómica de la materia: cada átomo se compone de un núcleo de carga positiva formado por protones y neutrones, alrededor del cual se encuentra una nube de electrones de carga negativa. Dado que la carga eléctrica de un cuerpo es la suma de las cargas de sus constituyentes, estos se comportan eléctricamente como neutros. Hace falta una acción externa para que un objeto se electrifique. La electrización de un cuerpo se consigue extrayendo del mismo las cargas de un signo y dejando en él las del signo contrario. En tal caso, el cuerpo adquiere una carga eléctrica neta no nula que puede ser positiva (por los protones) o negativa (por los electrones).

b. Disponibilidad: el usuario de la energía eléctrica puede utilizarla en la forma que desee y durante el tiempo que lo necesite, de acuerdo con los valores de energía y potencia o demanda máxima contratada. En consecuencia, el consumo de energía eléctrica cambiará según la forma en que se empleen los equipos eléctricos asociados con el sistema productivo. En ese sentido, las empresas que suministran el servicio deben estar preparadas para abastecer a cada uno de sus clientes con la energía y potencia eléctricas que estos requieran y en el momento que lo requieran. Además, es importante agregar que el usuario puede incrementar o disminuir su demanda, siempre que lo informe a la empresa eléctrica con la antelación debida. Estos cambios, por supuesto, implican un conjunto distinto de condiciones en relación al servicio eléctrico contratado.

c. Calidad del servicio: hay un conjunto de características técnicas y comerciales que el suministro de energía eléctrica debe poseer para que pueda proporcionarse un servicio de calidad a los usuarios. Estos atributos se refieren en general a: 1) la confiabilidad o continuidad de la utilización. 2) los niveles de voltaje y frecuencia. Dado que los usuarios están facultados para variar su demanda de energía según sus necesidades, la compañía que provee la energía eléctrica debe asegurarse de que ésta se suministre de forma continua, sin interrupciones. Esta característica es de especial importancia para la industria puesto que la interrupción de un proceso de producción puede generar desperdicios y daños a la materia prima y al producto terminado. Por otro lado, puesto que todos los equipos, aparatos y dispositivos que consumen energía eléctrica han sido diseñados para trabajar bajo determinados rangos de valores de voltaje y de frecuencia, se hace necesario que las empresas que proporcionan el servicio mantengan estos parámetros dentro de los rangos apropiados. De lo contrario, se pone en peligro la integridad de los equipos y se reduce su vida útil. En Guatemala los valores de estos parámetros corresponden a 120V y 60Hz.

d. Seguridad de uso: la energía eléctrica es un insumo de naturaleza peligrosa que de no ser utilizado bajo estrictos estándares de seguridad, puede generar pérdidas irreparables. Destrucción de equipo, daños a la propiedad y pérdida de vidas humanas son sólo algunas de las consecuencias graves que pueden surgir de un manejo inadecuado. Para un uso efectivo de este recurso, es necesario que los responsables de las operaciones de producción y mantenimiento establezcan todas las medidas encaminadas a brindar la debida seguridad y protección a los equipos y al personal.

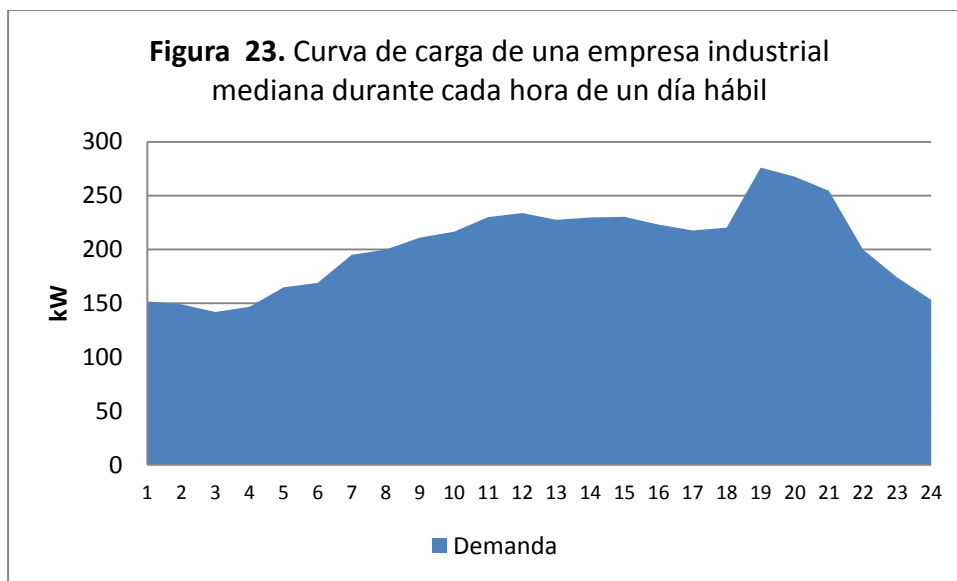
2. Energía y potencia. Para lograr un uso productivo de la energía eléctrica es imprescindible comprender la diferencia entre potencia y energía. La **energía** se define como la capacidad de un cuerpo para producir trabajo y se mide en *joules* (J). Además, de acuerdo con el principio de conservación, ésta no puede ser creada ni destruida, sólo transformada. Por otro lado, para cualquier sistema eléctrico, la **potencia** es una medida de la velocidad de la conversión de energía de dicho sistema. Su unidad es el watt (W) y equivale a una velocidad de conversión de energía de 1 J/s.

Para el consumidor, el recibo mensual del servicio de energía eléctrica es una indicación de la energía eléctrica consumida y NO de la potencia que estuvo disponible para usarse. Visto de otra forma, la potencia puede ser medida en cualquier instante de tiempo, mientras que la energía debe ser medida durante un cierto periodo: una hora, un mes, etc.

Considérese un motor por ejemplo; a menos que se use durante un espacio de tiempo, no hay conversión de energía realizada por la máquina. Así, la energía y la potencia están relacionadas por la siguiente ecuación:

$$E = Pt$$

En donde E es energía en *joules* (J), P es potencia en watts (W) y t es tiempo en segundos (s). En otras palabras, mientras más tiempo se use un dispositivo convertidor de energía de una potencia nominal particular, mayor será la energía total convertida. Es importante resaltar que la energía también se puede expresar en con la unidad watt-segundo (Ws). Sin embargo, esta cantidad por lo general es demasiado pequeña para la mayoría de mediciones prácticas de consumo de energía y por lo tanto se utiliza el kilowatt-hora (kWh). Es probable que en primera instancia, la unidad watt-segundo (Ws) cause confusión puesto que –tal como se mencionó arriba– la unidad de medida de la energía es el joule (J). Sin embargo, si se observa cuidadosamente la ecuación de arriba, se notará que son unidades equivalentes en tanto que el producto Pt tiene unidades (J/s)(s).



Fuente: elaboración propia. El diagrama es ilustrativo, no corresponde a una empresa real.

3. Aclaraciones sobre la facturación del servicio eléctrico. A pesar de que varios de estos parámetros de la facturación del servicio eléctrico son comunes para cualquier instalación que haga uso de energía eléctrica (ya sea una casa o una planta de producción) pocas personas los conocen. En ese sentido vale la pena, antes de adentrarse al análisis de las opciones de eficiencia energética, repasar algunos conceptos importantes que guardan estrecha relación:

a. Comportamiento de la carga: una forma simple de estudiar el comportamiento de la demanda eléctrica es identificando en forma gráfica la variación del uso de la electricidad respecto al tiempo (Selva y Umaña, 1988). Conocidos como curvas de carga, estos esquemas son de gran utilidad para estudiar la variación de la demanda de energía eléctrica de un motor, de varios motores, o incluso de toda una planta. En la Figura 23 se muestra un ejemplo de una curva de carga para un día hábil. En este punto es

necesario recalcar que este tipo de análisis debe desarrollarse para un período definido puesto que para un mismo usuario, las curvas de carga de un día o de una semana son completamente diferentes. De la misma forma, las curvas de carga entre cada mes también pueden variar significativamente (por efectos del clima, estacionalidades de los mercados, etc.) según los requerimientos energéticos del proceso de producción. Las curvas de carga, sirven, además, para identificar algunos parámetros de gran importancia en el manejo del recurso energético. Estos se enumeran a continuación:

- **Demanda máxima:** es el valor máximo de potencia que alcanza la carga en ese período de tiempo dado. Si se trata de una curva de demanda de un mes, ese valor pico es el que ha quedado registrado en la empresa eléctrica como la demanda del mes, y se verá reflejado en la facturación del servicio eléctrico. La demanda máxima se expresa en kilowatts (kW) al igual que las unidades de potencia.
- **Energía eléctrica:** es la cantidad de electricidad consumida en un periodo dado y puede determinarse al obtener el área bajo la curva de carga. Tal como se ha mencionado anteriormente, se expresa en kilowatts-hora (kWh).
- **Demanda promedio:** representa un valor ficticio de potencia que se obtiene al mantener constante la misma durante el período bajo estudio. Esta relación entre energía y demanda promedio se expresa de la siguiente manera:

$$D_p = \frac{E}{T}$$

En donde E es energía (área bajo la curva de carga) expresada en kWh y T el valor del período de tiempo expresado en horas.

- **Factor de carga:** a diferencia del que se explicó anteriormente, este factor es la relación que existe entre la demanda promedio y la demanda máxima, ambas para el mismo período de tiempo. Se puede expresar matemáticamente así:

$$FC = \frac{D_p}{D_M}$$

En donde D_p es la demanda promedio y D_M la demanda máxima, ambas expresadas en kW. Esta razón trata de identificar la efectividad en el uso de la electricidad, relacionando la energía por un lado, y el valor máximo de su razón de uso en el tiempo, por el otro. Desde otro punto de vista, es una medida de la intensidad del uso de la capacidad instalada.

b. Cargos por energía y por demanda:

Cargo por energía: el cargo por energía es incluido en la estructura tarifaria de la empresa proveedora para resarcirse de los costos asociados con la cantidad de energía consumida. Las empresas eléctricas utilizan diferentes esquemas para facturar según la clasificación del tipo de servicio. En Guatemala, de acuerdo con lo establecido en la Ley General de

Electricidad en 1998¹⁷, los usuarios se clasifican en:

- **Usuario regulado:** usuario cuyo consumo es menor a 100 kilowatts (kW).
- **Usuario no regulado o gran usuario:** usuario cuya demanda de potencia excede los 100 kilowatts (kW), y está debidamente registrado en el Ministerio de Energía y Minas. Estos usuarios pactan las condiciones de suministro (tanto de potencia como de energía) de manera independiente con un distribuidor o bien con el apoyo de un comercializador.

Así, las tarifas dependen básicamente de los niveles de tensión¹⁸ que emplea el usuario, y si lo consume durante la banda de punta o fuera de ella. En el Cuadro 1 se puede observar con mayor detalle la clasificación de los usuarios.

Cuadro 1. Clasificación de los usuarios de energía eléctrica.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	DEMANDA DE POTENCIA	TIPO DE TARIFA APLICADA
A	Usuarios con servicio en Baja Tensión	Menor o igual que 11 kW	Baja Tensión Simple (BTS); Baja Tensión Simple Social (BTSS).
B	Usuarios con servicio en Baja o Media Tensión *	Mayor que 11 kW	Baja Tensión con Demanda en Punta (BTDP), Baja Tensión con Demanda fuera de Punta (BTDFP), Baja Tensión Horaria (BTH), Media Tensión con Demanda en Punta (MTDP), Media Tensión con Demanda fuera de Punta (MTDFP), Media Tensión Horaria (MTH).
C	Usuarios con servicio en Baja o Media Tensión que cumplan con los requisitos establecidos en la legislación vigente para obtener la calidad de Gran Usuario		En este caso las condiciones de suministro (potencia y energía) son pactadas con el distribuidor o cualquier otro suministrador (comercializador). No tiene tarifa máxima. Solamente se le define un pago máximo por el uso de la red, denominado Peaje en Función de Transportista

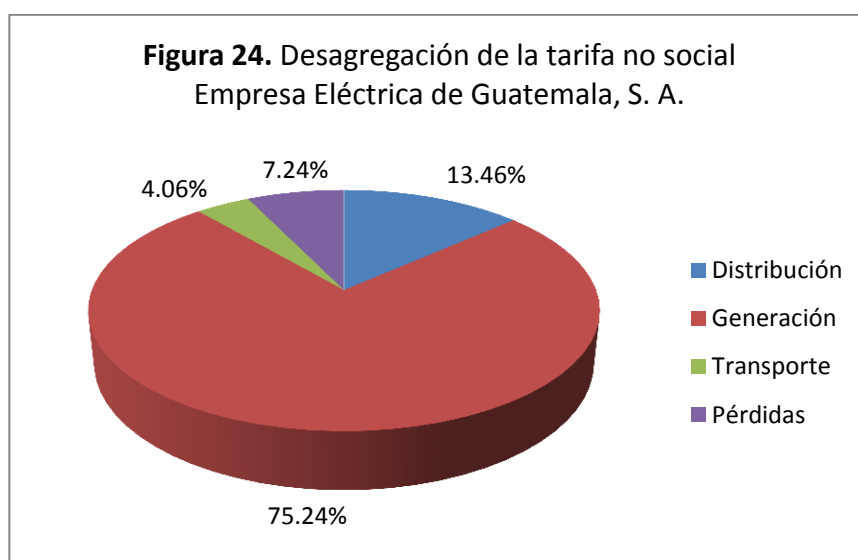
Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

¹⁷ Ley que norma el desarrollo del conjunto de actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad.

¹⁸ La tensión eléctrica o voltaje es la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un circuito.

La tarifa social del suministro de energía eléctrica está destinada a usuarios regulados conectados en baja tensión sin cargo por demanda e incluye a todos aquellos que consumen una cantidad igual o inferior a 300 kWh al mes o bien un consumo promedio diario de hasta 10 kWh. Los usuarios de la categoría B, por otro lado, están facultados para elegir la tarifa que mejor se ajuste a sus necesidades entre las que han sido aprobadas por la CNEE en los pliegos tarifarios. Esta afirma que en todo caso, si «el usuario no puede determinar la tarifa adecuada a su tipo de consumo de energía eléctrica, la distribuidora deberá aplicar la tarifa que represente el mayor beneficio para el usuario, con base a [sic] sus características de consumo»¹⁹.

Las tarifas horarias en baja o media tensión (BTH o MTH) son aquellas cuyo medidor permite discriminar el consumo por horas, de manera que pueden tener precios diferenciados de energía por banda horaria. En el artículo 87 del Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista se definen los horarios correspondientes de las bandas horarias máxima (de punta), media (intermedia) y mínima (de valle). Si los usuarios con tarifas BTDP, BTDFP, MTDP, MTDFP no cuentan con instrumentos de medición que les permitan discriminar su participación en la banda de punta, se asumirá que participan en ésta si su *factor de carga promedio*²⁰ es igual o mayor que 0.6. Cabe mencionar que el cálculo de este factor se realiza semestralmente.



Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

¹⁹ Comisión Nacional de Energía Eléctrica. Tipos de tarifas. Recurso disponible en: www.cnee.gob.gt

²⁰ La clasificación de usuario en la punta o fuera de punta no podrá modificarse durante un período de seis meses. Una vez ha transcurrido dicho período, el usuario podrá solicitar que se actualice el factor una vez más y éste también tendrá una vigencia de seis meses.

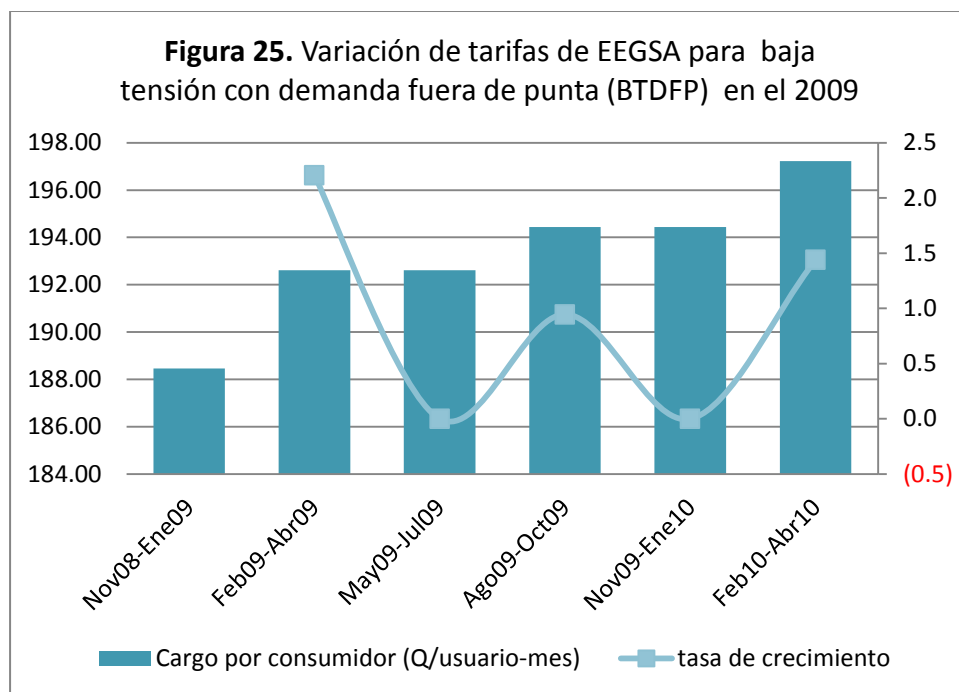
Cabe mencionar que la selección de la tarifa más adecuada para la situación particular de cada empresa es un factor importante para administrar de manera eficiente los costos por consumo de energía eléctrica. En Guatemala, más del 70% del costo de la tarifa eléctrica corresponde al costo de la generación (potencia y energía) y el 30% restante incluye costos de distribución, transporte y pérdidas tal como se observa en la Figura 24. Sin embargo, es importante aclarar que estas tarifas sufren ajustes trimestrales. Según lo dispuesto en el artículo 87 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, en los primeros 15 días del mes, todas las distribuidoras²¹ deben entregar a la CNEE los comprobantes de las ventas realizadas y de los costos incurridos durante el mes anterior. Ya con esta información, la CNEE procede a calcular la diferencia entre costos e ingresos para ese período –denominada monto a recuperar (MR)– que según sea el caso, deberá ser recuperada o devuelta a los usuarios en el próximo trimestre de facturación.

Este procedimiento asegura que la tarifa refleje los costos de adquisición de potencia y energía, de acuerdo con lo establecido por la Ley. Así por ejemplo, si en un trimestre dado los costos reales de adquisición de potencia y energía fueron menores a los proyectados, en el siguiente trimestre los usuarios percibirán una baja en su tarifa mensual de energía eléctrica. Si ocurre el caso contrario, entonces se trasladará proporcionalmente la diferencia a los usuarios para que la distribuidora reciba este monto en el siguiente trimestre de facturación. De esta manera, las tarifas de distribución sin impuestos contienen los costos de generación de energía y transporte²² de energía desde las centrales de generación hasta los puntos de consumo, además de los cargos por distribución y los costos de las pérdidas. En consecuencia, la suma de dichos costos da como resultado un monto en quetzales por kilowatt-hora (Q/kWh) que constituye la cantidad resultante que se multiplica por la energía consumida para dar como resultado el cargo por uso de energía eléctrica. Debe recordarse en este punto que también existen cargos por potencia máxima y por potencia contratada que tienen una composición diferente a la tarifa de consumo de energía que se muestra en la Figura 24. Sin embargo, en todo caso las tres tarifas estarán agrupadas siempre en el mismo régimen tarifario (BTDP, BTDFP, BTH, MTDP, MTDFP, MTH, etc.) de modo que se hace necesario escoger el que mejor se adecue a la empresa usuaria.

En Guatemala existen tres grandes distribuidoras: Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. (EEGSA), Distribuidora de Electricidad de Occidente, S.A. (DEOCSA) y Distribuidora de Electricidad de Oriente, S.A. (DEORSA). De ahí que el pliego tarifario haga distinción entre las tres instituciones. A continuación se muestran las variaciones para las tarifas BTDFP de la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. para el último año.

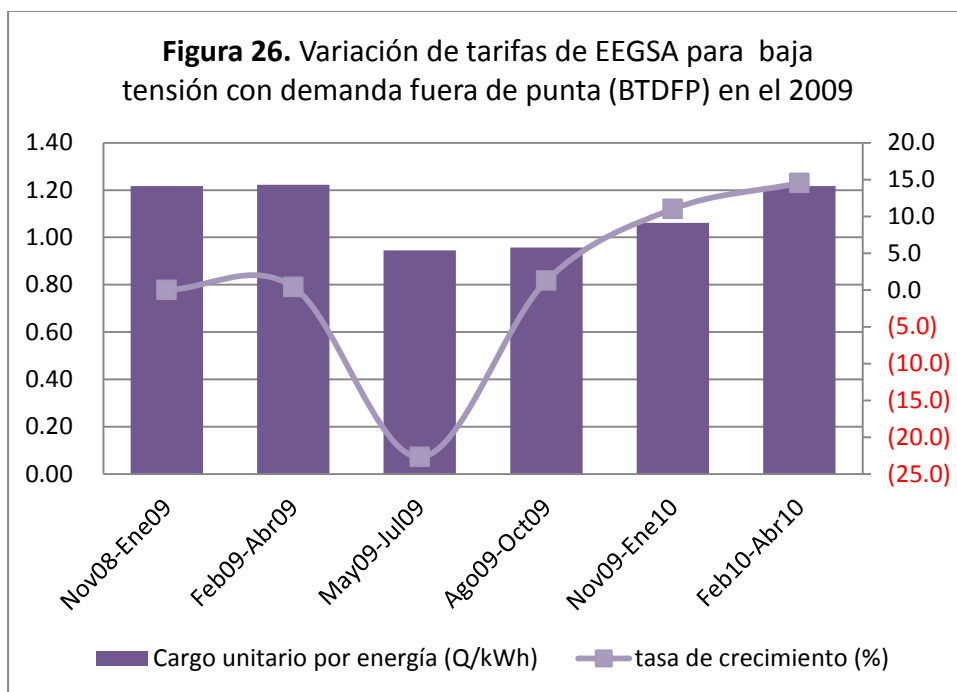
²¹ La actividad de distribución es aquella que tiene por objeto principal la transmisión de energía eléctrica desde las redes de transporte hasta los puntos de consumo.

²² La actividad de transporte se refiere a la transmisión de energía eléctrica por la red de transporte, utilizada con el fin de suministrarla a los distintos sujetos y para intercambios internacionales.



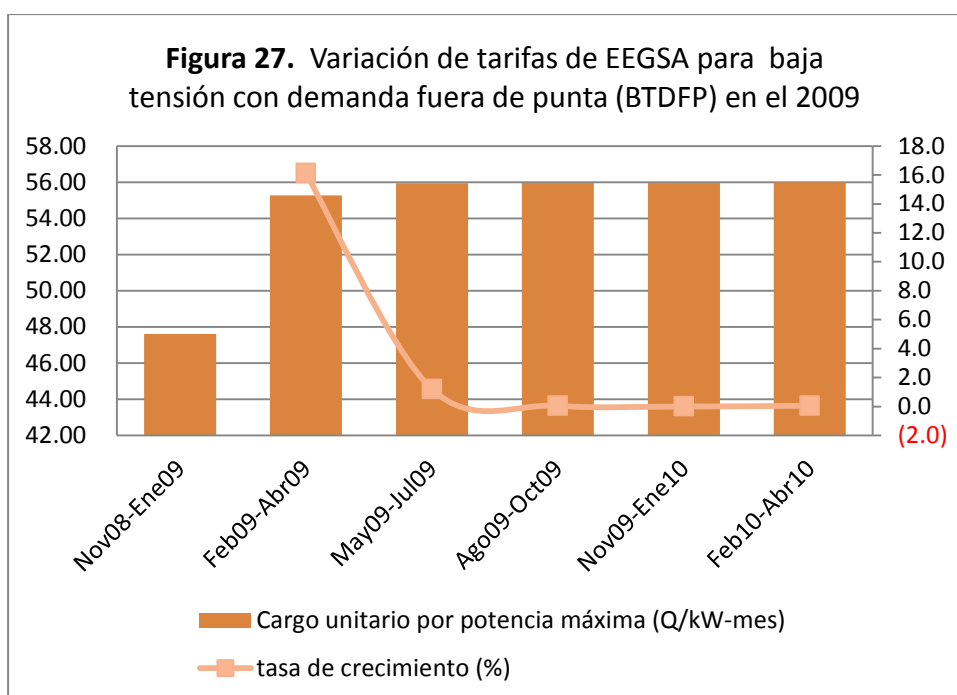
Fuente: elaboración propia con datos de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

Dado que en Guatemala –tal como se ha mencionado con anterioridad– casi el 50% de la energía es generada en centrales térmicas, la variación de los costos de la tarifa cada trimestre se ve afectada por la variación de los precios internacionales del petróleo y sus derivados y por el tipo de cambio (puesto que estos combustibles se adquieren en dólares). Esta situación se hace evidente en la Figura 25, en donde se muestran las variaciones de la tarifa BTDFP para el cargo fijo por consumidor (cuyas unidades son Q/usuario-mes). Se puede notar que los aumentos en ésta han sido consistentes en los últimos trimestres; sólo en el último trimestre registró un aumento de 1.44% en relación al trimestre anterior. La misma tendencia puede observarse en la Figura 26 donde se muestra el cargo unitario por energía (Q/kWh) para la misma tarifa. En este caso se observa un crecimiento positivo desde finales del 2009. Tan sólo en el último trimestre dicha tarifa aumentó 27.40% en relación al anterior.



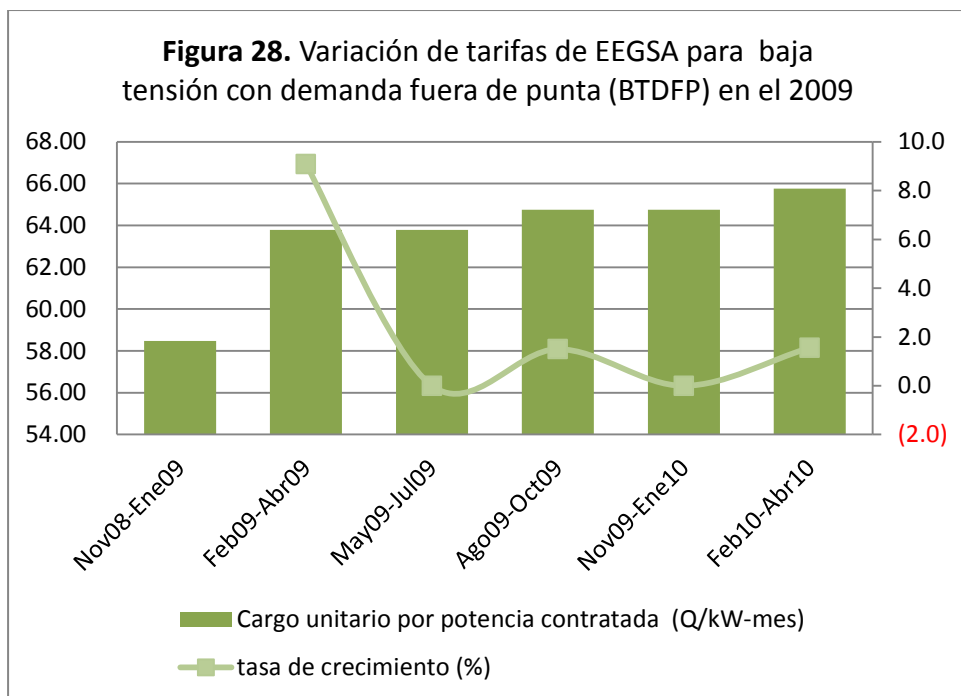
Fuente: elaboración propia con datos de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

Por otro lado, el cargo unitario por potencia máxima, siempre para la tarifa BTDFP, se ha mantenido relativamente constante, tal como lo muestra la Figura 27. Independientemente de que no haya variado significativamente en los últimos meses, es importante recalcar que este cargo puede afectar a todo usuario en la medida que éste no sepa controlar sus consumos de energía. Así, mientras más alta sea la potencia máxima requerida por el usuario, mayor será el cargo facturado por la empresa proveedora del servicio. Esto se explicará con mayor detalle más adelante.



Fuente: elaboración propia con datos de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

Finalmente, el cargo por potencia contratada, que se obtiene multiplicando los kW contratados por su precio unitario (en Q/kW) también ha estado aumentando consistentemente, aunque a tasas muy pequeñas, tal como se observa en la Figura 28. En el último ajuste tarifario aumentó en 1.79%. Esta tarifa tiene la peculiaridad de que en muchos casos, los usuarios tienen una potencia contratada mayor a la que realmente necesitan. Esto implica un gasto innecesario en tanto que la empresa proveedora, en este caso EEGSA, facturará siempre este cargo incluso si el consumo de energía eléctrica es nulo. Precisamente por esa razón es muy importante conocer cuáles son los requerimientos energéticos de las instalaciones para gastar estrictamente en lo necesario.



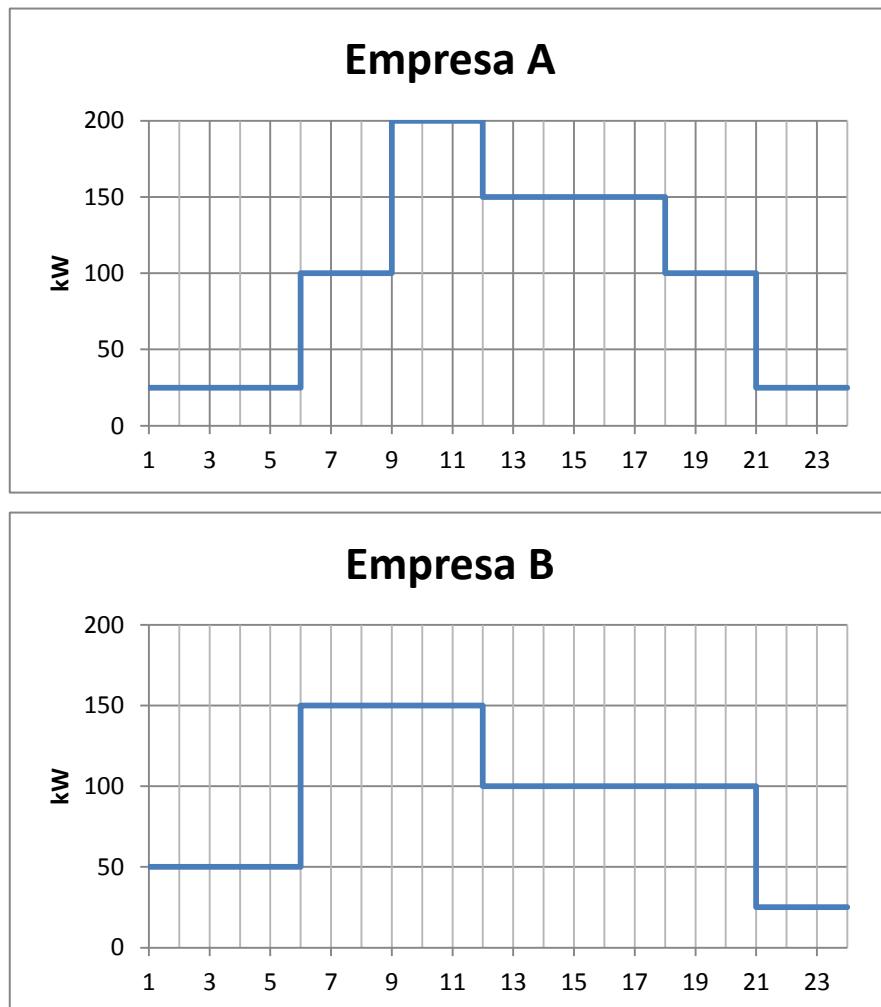
Fuente: elaboración propia con datos de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

Cargos por demanda: este cargo está asociado con la inversión que la empresa eléctrica proveedora debe efectuar para brindar el servicio eléctrico sin interrupciones. Este cargo toma relevancia cuando se advierte que la empresa que suministra el servicio de energía eléctrica debe ser capaz de soportar la demanda máxima o potencia máxima requerida por todos los usuarios, incluso cuando este valor sólo se necesite por un período breve en todo el año. En la facturación del servicio eléctrico para el sector residencial generalmente no se incluye este cargo por el alto costo de cobro que significaría para la empresa proveedora.

Así, la empresa suplidora instala medidores en el “punto de entrega” del servicio, que no sólo registran las cantidades de energías real y reactiva consumidas por un cliente, sino también el valor máximo promedio de la demanda fluctuante cada cierto tiempo. Este último valor es el que aparece en el recibo mensual identificado como “demanda máxima”. Evidentemente, los valores de la lectura del medidor son procesados y el resultado es el monto resultante del cargo que se indica en el recibo.

Para entender mejor la lógica detrás del cargo por demanda, conviene revisar la Figura 29. En ésta se presentan las curvas de carga para dos empresas hipotéticas con diferentes patrones de uso de la energía eléctrica en el transcurso de un día. Resulta fácil comprobar que ambas consumieron la misma cantidad de electricidad, sin embargo, las razones de uso fueron distintas de manera que la empresa A tiene un valor mayor de demanda máxima. En consecuencia, a pesar de haber consumido la misma cantidad de electricidad, la empresa A requirió un valor de demanda máxima mayor que la empresa B. De esta cuenta, la empresa proveedora del servicio ha tenido que realizar las gestiones necesarias para abastecer esos 50 kW de diferencia entre una industria y otra, aunque el resto del año la empresa A no vuelva a alcanzar ni siquiera los 100 kW de demanda. Este ejemplo ilustra claramente la razón por la cual la empresa proveedora de energía eléctrica efectúa un cargo en la factura por la energía consumida y otro por demanda en función del valor máximo alcanzado en el mes, o sea la demanda máxima en kW.

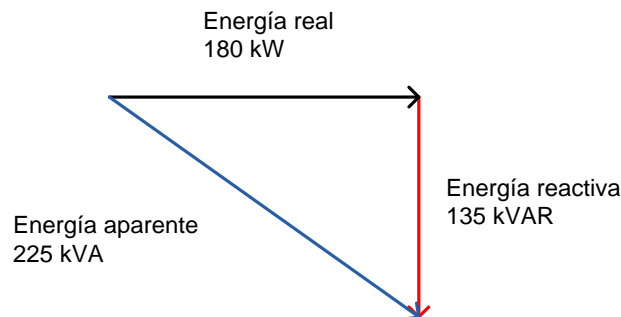
Figura 29. Curvas de cargas de dos empresas hipotéticas con igual consumo de energía.



Fuente: elaboración propia.

Penalización por bajo factor de potencia: casi todas las empresas eléctricas exigen a sus grandes usuarios (por lo general clientes industriales y comerciales, entre otros) que mantengan un factor de potencia alto, normalmente por arriba de 0.85. En Guatemala, por ejemplo, se requiere que éste sea en promedio, igual o mayor a 0.90.

Figura 30. Esquema para la representación de los componentes de la energía eléctrica.



Fuente: elaboración propia.

Antes de analizar por qué un factor de potencia bajo resulta caro e ineficiente, conviene estudiar de dónde surge. Como es sabido, el voltaje de corriente alterna²³ es producido en las plantas de generación con ayuda de alternadores que convierten energía mecánica en eléctrica. De ahí que éste sea el tipo de flujo de carga más común que se encuentra disponible en tomas de corriente domésticas, industriales, etc. El total de energía eléctrica suministrada por la empresa proveedora está formada por dos componentes: la energía activa y la energía reactiva. La energía activa es aquella que produce trabajo; es decir, la responsable de que la energía eléctrica pueda ser transformada en fuerza, iluminación, calor, etc. Por otro lado, la energía reactiva, aunque no produce trabajo *per se*, es necesaria en todos aquellos dispositivos que poseen bobinas y que necesitan de un campo magnético para funcionar. La energía total, también denominada energía aparente, es el resultado de la suma geométrica de las energías activa y reactiva (Figura 30) y constituye la energía total suministrada por la central de generación.

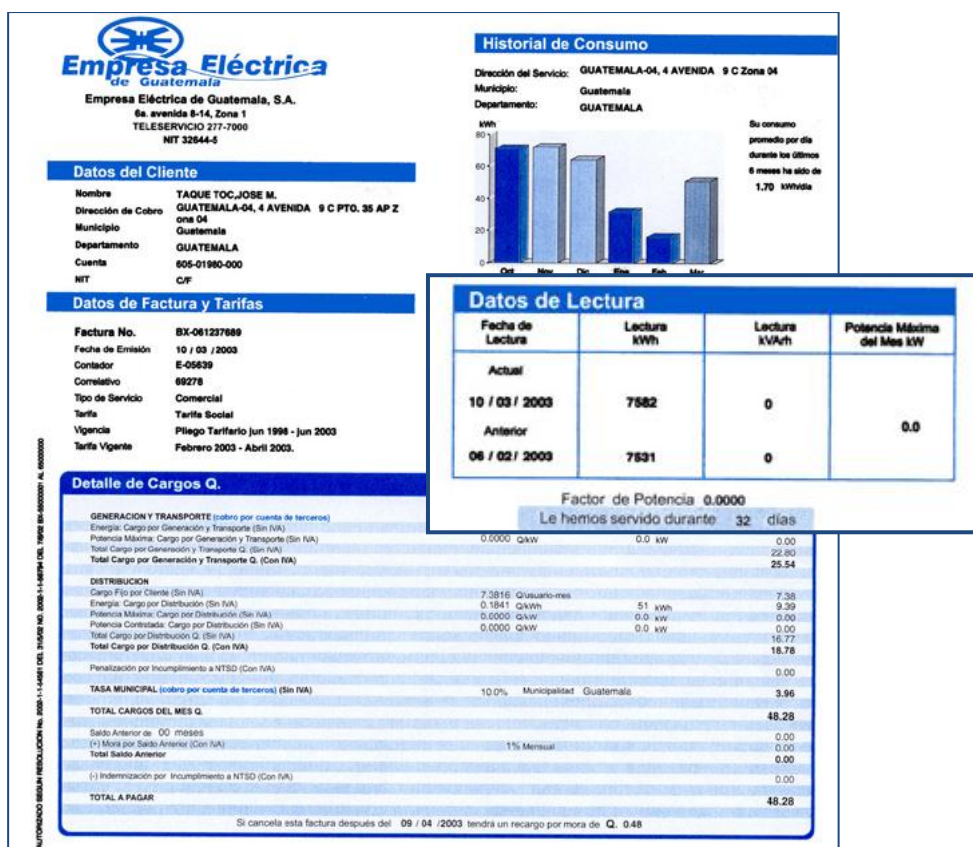
Ante esta situación, lo ideal para las empresas eléctricas sería entregar a sus grandes clientes únicamente la energía activa, y nada o muy poco de la energía reactiva. Precisamente por esa razón el factor de potencia es la proporción entre la energía de trabajo (activa) y la energía total (aparente) y por ende es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica. Si el factor de potencia es 0.95, por ejemplo, esto revela que del total de la energía abastecida al usuario, sólo el 5% es desaprovechado. En consecuencia, mientras menos energía reactiva entregue a sus clientes la empresa proveedora, el factor de potencia registrado se acercará a 1.0 y en caso contrario, tenderá a 0. En ese sentido, la empresa usuaria del servicio debe “corregir” este factor de potencia para que el medidor de la empresa eléctrica “vea” o registre para propósitos de facturación un factor de potencia cercano a 1.0. Las estrategias que pueden seguirse para corregir el factor de potencia y dependerán de la situación particular de cada usuario. Sin embargo,

²³ Se denomina corriente alterna (AC) a la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían de manera cíclica. La forma de onda más utilizada para la corriente alterna es la de una onda sinodal, puesto que se consigue una transmisión más eficiente de la energía con ésta.

por lo general, los capacitores²⁴ son útiles para compensar consumos excesivos de energía reactiva.

Al requerir que los clientes operen sus instalaciones con un alto factor de potencia, la señal que la empresa proveedora envía a sus usuarios, es que ella está dispuesta a entregar una pequeña fracción de la energía reactiva que necesitan sus motores, pero que el resto tendrá que ser suplida por la misma compañía usuaria. Así, los usuarios que fracasan en dicha tarea se ven obligados a abonar en su factura mensual una suma por penalización, al consumir la energía con un bajo factor de potencia. Con todo, cabe preguntarse por qué razón la empresa eléctrica trata de suministrar el mínimo de la energía reactiva. La respuesta estriba en el hecho de que la empresa eléctrica tiene que invertir adicionalmente en generadores, transformadores, conductores, etc., para adecuarlos en su capacidad de poder servir un componente de energía por el cual no puede facturar a sus clientes. Estos flujos de energía reactiva sobrecargan los equipos y dispositivos y componentes de los sistemas eléctricos, y tienden a provocar niveles bajos de voltaje en los circuitos de transmisión y distribución. Entonces las empresas distribuidoras del servicio eléctrico penalizan un factor de potencia bajo por parte de sus usuarios más importantes, en una forma proporcional al monto de la factura mensual (Selva y Umaña, 1988).

Figura 31. El factor de potencia en las facturas emitidas por EEGSA.



²⁴ Estos son elementos eléctricos que, instalados correctamente y con el valor adecuado, compensan la energía reactiva necesaria requerida por la instalación interior, elevando el factor de potencia sobre los valores exigidos.

E. Evaluación financiera de las oportunidades de eficiencia energética

1. Proceso de evaluación. La *evaluación financiera* identifica, desde el punto de vista de un inversionista, los ingresos y egresos asociados a la realización de un proyecto con el objetivo de establecer la rentabilidad generada por el mismo. Además, la información que aporta la evaluación financiera permite juzgar si se justifica la realización de un proyecto o si bien los recursos deben destinarse a otro fin.

Dado que los proyectos para el ahorro de recursos energéticos implican inversiones de capital para realizar adaptaciones y cambios de equipos, la gerencia necesita un criterio de medición para decidir qué alternativas debe emprender y cuáles no. En ese sentido, el criterio para evaluar el mérito de las oportunidades de ahorro de energía y eficiencia energética que requieren inversión, es el mismo que aplica el gerente para cualquier otro proyecto de inversión. Lógicamente, es posible que este tipo de proyectos tenga que competir con otros de distinta naturaleza dada la escasez de los recursos. Existe pues, todo un proceso de análisis ampliamente aceptado por los expertos. Marín y Ketelhöhn en su libro *Decisiones de inversión en la empresa*, afirman que las etapas del proceso de análisis de las inversiones son las que se describen a continuación:

- Generación de las ideas de inversión.
- Selección preliminar de las propuestas de inversión.
- Determinación de los beneficios de los proyectos.
- Selección de la tasa mínima atractiva de retorno de la empresa.
- Selección final y fijación de prioridades.
- Ejecución de los proyectos.

La primera fase corresponde a la generación de ideas de inversión. A partir de un programa de administración de la energía y mediante las auditorías energéticas, se logran identificar diferentes alternativas de proyectos que deben discriminarse de acuerdo con su impacto e importancia en las operaciones y la productividad. La tercera fase del proceso de evaluación se refiere a la cuantificación de los rendimientos económicos que derivan de la implementación de un proyecto. Estos beneficios deben haber sido identificados para cada oportunidad de inversión y debidamente evaluados como resultado de las auditorías energéticas. Es en este paso donde las técnicas de evaluación financiera cobran vital importancia pues sirven precisamente para calcular los rendimientos económicos.

La cuarta fase consiste en establecer una Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) que sea superior a la tasa que ofrece un banco o una inversión segura que implique un riesgo mínimo. La TMAR también recibe el nombre de *tasa base* para proyectos pues para que se considere viable desde el punto de vista financiero, la tasa de retorno esperada debe ser igual o superior a la TMAR. Es importante aclarar que la TMAR no es una tasa que se calcule; ésta es establecida por la dirección financiera de la empresa y se utiliza como criterio para valorar la tasa de retorno de una alternativa al momento de tomar decisiones de aceptación o rechazo (Blank y Tarquin, 2006).

Figura 32. Etapas básicas para desarrollar un proyecto de eficiencia energética



Fuente: elaboración propia.

En las siguientes fases se aplican las técnicas de análisis a todas las propuestas, utilizando los resultados obtenidos en las dos etapas previas. Se comparan las conclusiones de este análisis y se aplica el criterio de medición económica determinando cuáles alternativas se deben aceptar y cuáles deben rechazarse por no cumplir con los requerimientos de atractivo económico establecidos por la gerencia. En general se puede indicar que las alternativas que muestren rentabilidades mayores a la TMAR deberán ser aceptadas y aquellas cuyas rentabilidades sean menores deberán ser rechazadas. Para finalizar este paso, los proyectos deben ser priorizados de acuerdo con su orden de atracción para disponer los fondos en caso de que éstos no puedan cubrir la ejecución de todos los proyectos deseables. La sexta y última fase es la ejecución del proyecto, una vez que la gerencia haya comprobado la rentabilidad de las alternativas aceptadas y se haya decidido a implementarlas. Cuando la inversión haya sido completada, deberá seguirse muy de cerca la evaluación de los resultados para compararlos con los que especularon previamente y aprovechar la experiencia adquirida en decisiones futuras.

2. Técnicas de evaluación. Por su aceptación e importancia, aquí se consideran tres técnicas de análisis para la selección de proyectos: el Período de Recuperación (PR), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Presente Neto (VPN). Es importante destacar que los dos últimos se consideran más apropiados como criterios para la selección o rechazo de proyectos, dado que consideran el valor del dinero en el tiempo.

a. Período de Recuperación (PR): el período de recuperación n_p es el tiempo estimado, generalmente en años, que tomará para que los ingresos estimados y otros beneficios económicos recuperen la inversión inicial y una tasa de rendimiento establecida. Blank y Tarquin (2006) señalan que el período de recuperación nunca debería utilizarse como la medida primaria de valor para seleccionar una alternativa. En su lugar, su cálculo sirve para ofrecer una depuración inicial o información complementaria a otro análisis como el valor presente neto. Matemáticamente, se expresa así:

$$n_p = \frac{I_0}{FEN}$$

En donde I_0 es la inversión inicial para implementar el proyecto para el ahorro de energía y FEN es el flujo de efectivo neto anual o retorno anual. El criterio de selección que establece este método, está basado en que las mejores inversiones son aquellas que poseen un período de recuperación más corto. La razón por la cual es incorrecto usar el período de recuperación para realizar una selección final de alternativa es porque: 1) Ignora cualquier rendimiento requerido, ya que se omite el valor del dinero en el tiempo. 2) Ignora todos los flujos de efectivo netos posteriores al tiempo n_p , incluyendo el flujo de efectivo positivo que pudiera contribuir al rendimiento de la inversión.

b. Tasa Interna de Retorno (TIR): la tasa interna de retorno, desde la perspectiva de un inversionista, es la tasa ganada sobre el saldo no recuperado de una inversión, de forma que el pago o entrada final iguala el saldo exactamente a cero con el interés considerado. Se puede expresar de la siguiente manera:

$$I_0 = \frac{R_1}{(1+R)} + \frac{R_2}{(1+R)^2} + \dots + \frac{R_n}{(1+R)^n}$$

En donde I_0 es la inversión inicial en el año 0 y donde R_1, R_2, \dots, R_n representan el flujo de efectivo neto para los períodos 1, 2, ..., n, respectivamente. La tasa interna de retorno proporciona una medida de la rentabilidad interna real de un proyecto. El criterio de selección que establece este método, compara el valor obtenido del TIR con la TMAR, aceptando aquellas alternativas cuya TIR sea mayor que la TMAR, y rechazando aquellas cuya TIR sea inferior a la TMAR.

a. Valor Presente Neto (VPN): el segundo método apropiado, generalmente empleado en evaluaciones económicas, es el valor presente neto. Éste es una medida del beneficio que rinde un proyecto de inversión a través de toda su vida útil y se define como el valor presente de su flujo de ingresos futuros menos el valor presente de su flujo de costos. Este es un monto de dinero equivalente a la suma de los flujos de ingresos netos que generará el proyecto en el futuro. Para obtener esos valores netos, los flujos anuales son descontados a la TMAR, así:

$$VPN = -I_0 + \frac{R_1}{(1+k)} + \frac{R_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{R_n}{(1+k)^n}$$

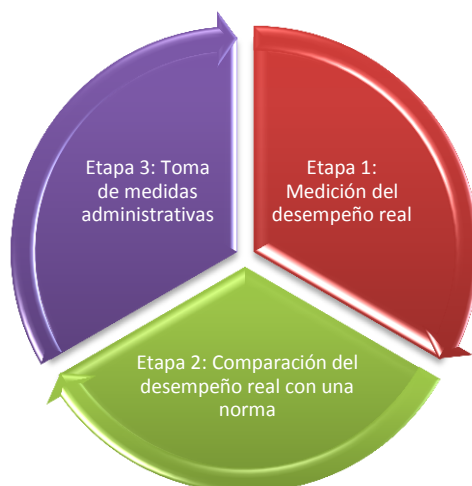
Donde I_0 y R_i para $i = 1, 2, \dots, n$, guardan el mismo significado descrito para la TIR y k es la tasa mínima de retorno. El criterio de selección establece que si el VPN es positivo el proyecto debe aceptarse y rechazarse si éste es negativo. El VPN de las alternativas es una función de los valores del punto de corte establecido por la empresa.

3. Decisión, ejecución y seguimiento de la inversión. Una vez se obtienen los resultados de la evaluación financiera, corresponde a la dirección de la empresa la toma de la decisión sobre la ejecución del proyecto. Con una visión más amplia sobre la problemática de la empresa, la alta dirección sopesará además de los resultados cuantitativos, cualquier otro factor determinante así como la disponibilidad de recursos, impacto sobre la operación diaria, la forma como el proyecto encaja con toda la estrategia empresarial, etc.

Si la inversión es aceptada después de todo el proceso de análisis, seguirá la etapa de llevar a cabo la ejecución del proyecto: adquisición de equipos, materiales y servicios, instalación de los mismos. etc. De esta manera, según la experiencia, conocimiento y disponibilidad del personal técnico, así como del tiempo, se podrá efectuar el proyecto con personal propio o bien, contratar consultores externos. En todo caso, los costos asociados con la etapa de ejecución del proyecto tienen que ser considerados en la etapa previa de evaluación financiera puesto que implican egresos necesarios para desarrollar el proyecto.

Iniciada la puesta en marcha del proyecto, resulta imprescindible el seguimiento de los avances del mismo. Esto permitirá registrar las discrepancias entre los resultados obtenidos y aquellos que se estimaron para la realización de la evaluación financiera. Esta comparación servirá no sólo para saber el desempeño real del proyecto, sino también para afinar los criterios de estimación cuando en el futuro la empresa se vea en la posibilidad de considerar otros proyectos destinados a la optimización del uso de los recursos energéticos. Además, el proceso de control sobre el proyecto permitirá corregir cualquier desviación encontrada sobre la marcha, una vez se haya iniciado la operación y haya finalizado el período de arranque y pruebas. Un sistema de control eficaz asegura que las actividades se completen de tal manera que conduzcan al logro de los objetivos de la organización. Cuanto más ayude a los gerentes a lograr los objetivos de su organización, mejor será el sistema de control. (Coulter, Robbins, 2004)

Figura 33. Estrategia para el proceso de control.



Fuente: Coulter y Robbins, 2004.

III. MARCO METODOLÓGICO

A. El diseño y procedimientos de la investigación

Para la realización de la auditoría energética, se llevó a cabo la siguiente metodología:

1. Recopilación de información sobre la instalación objeto de auditoría:
 - a. Planos y facturas del servicio de energía eléctrica.
 - b. Permisos de acceso necesarios para la posterior toma de datos in situ durante las visitas acordadas.
2. Análisis y toma de datos:
 - a. Parámetros del uso de energía eléctrica en las instalaciones.
 - b. Principales equipos consumidores de energía eléctrica, datos técnicos sobre el consumo de energía eléctrica.
3. Diagnóstico a partir de la identificación de los consumos principales de energía eléctrica en las instalaciones.
4. Análisis de los datos recogidos y estudio de soluciones posibles.

B. Aplicación de criterios de eficiencia energética

1. Auditoría energética en Empresa X.

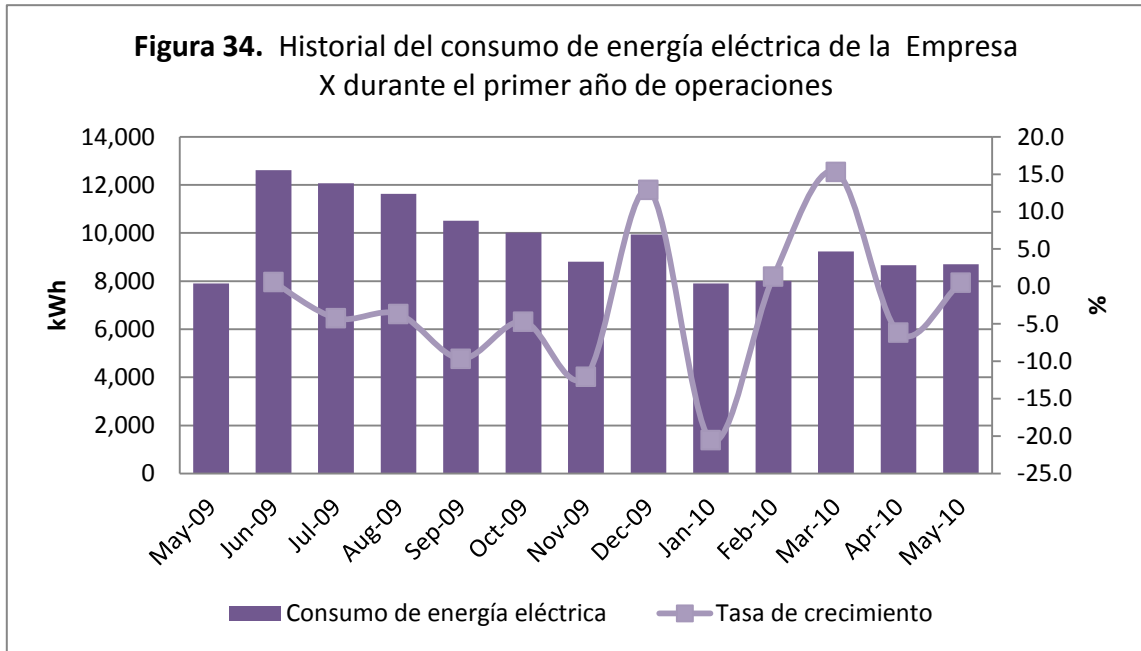
a. Perfil de la empresa: la compañía objeto de estudio en este trabajo se denominará Empresa X con el fin de no comprometer ni difundir información confidencial a la que se haya tenido acceso durante el estudio. Precisamente por esa razón en este trabajo no se mencionará información relacionada con pronósticos de ventas, estimaciones y planes de mercadeo, propaganda, temas específicos sobre investigación y desarrollo, proyectos de trabajo, fórmulas de productos, métodos de procesamiento, organigramas y asignación de empleados, costos de producción, planes de construcción y cualquier otro todo método o técnica de elaboración que sean particulares de la Empresa X.

No obstante, es posible mencionar algunos aspectos generales sobre la misma: se trata de un restaurante ubicado en Ciudad de Guatemala que se dedica a la venta de comida rápida. Dado que pertenece a una franquicia, no es la única sucursal presente en la ciudad; sin embargo, ésta destaca por su apertura reciente: inició labores en abril de 2009. Además, es la de mayor tamaño y por su ubicación en un área comercial, recibe gran flujo de comensales, especialmente alrededor del mediodía. La ubicación de diversas oficinas privadas y públicas contribuye también al aumento de la demanda durante las horas destinadas al almuerzo (entre 12:00 y 15:00 horas). Los administradores afirman, además, que los días de mayor flujo son lunes y viernes.

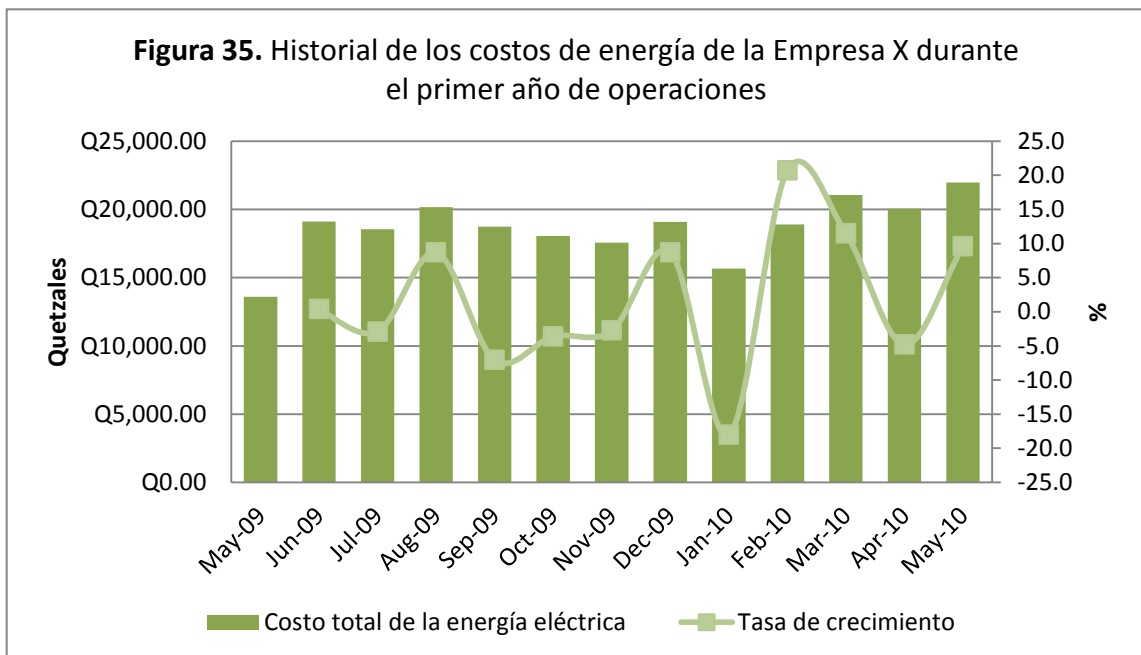
La instalación cuenta con 220 metros cuadrados de construcción con capacidad para 117 sillas y parqueo con seguridad para 26 vehículos. Además, proporcionan servicio a domicilio en las zonas aledañas. El horario de servicio del restaurante es de 11:00 a 21:00 horas. Para tal fin emplean dos turnos de trabajo: el primero (8:00-16:00 horas), se destina a la producción diaria y a la limpieza del inmueble y el segundo a la atención exclusiva de clientes (13:00-21:00 horas). El hecho de que ambos turnos estén intercalados en lugar de

yuxtapuestos, responde a la necesidad de atender a la clientela durante el período de mayor flujo tal como se afirmó anteriormente.

b. Diagnóstico de la situación de la empresa: el siguiente es un resumen de los resultados de la auditoría energética que fue realizada en la instalación de la Empresa X entre marzo y abril de 2010:

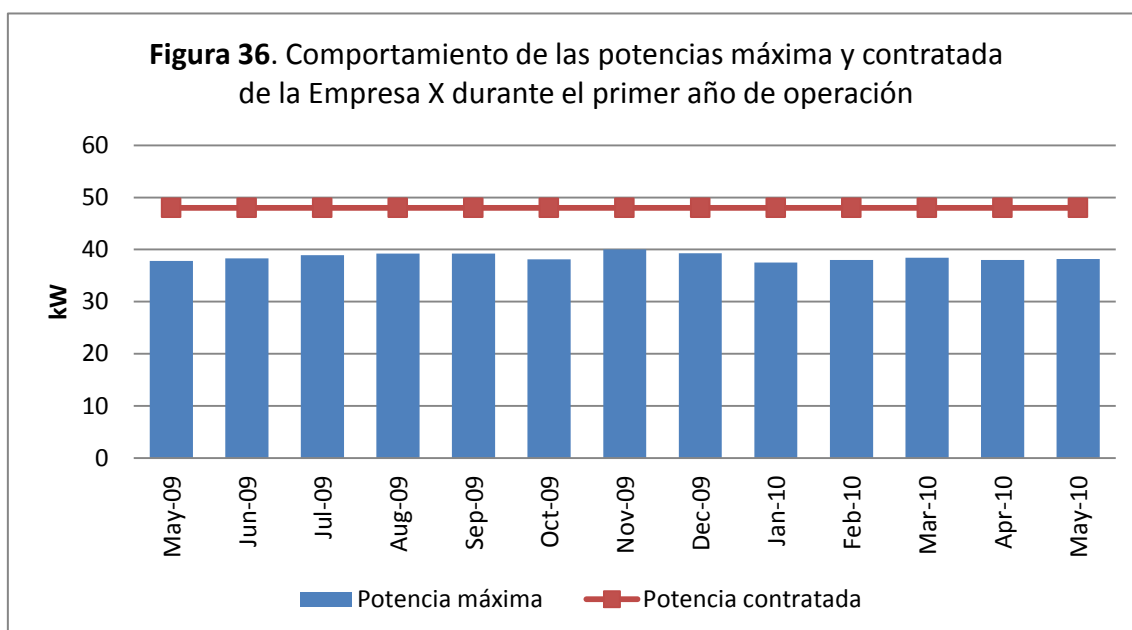


Fuente: elaboración propia con datos proporcionados por la Empresa X

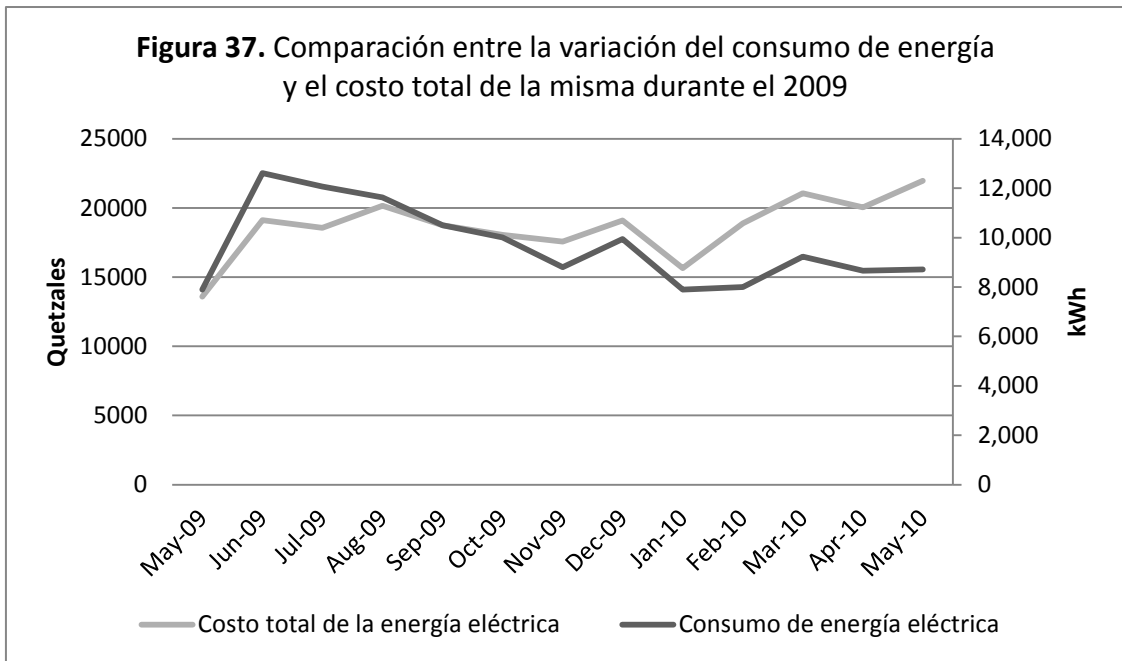


Fuente: elaboración propia con datos proporcionados por la Empresa X

En la Figura 34 se puede apreciar cómo en el primer año de operación, la empresa ha tenido sus puntos más altos de consumo de energía eléctrica entre junio y septiembre. Este muestra una disminución consistente en otros meses; no obstante, puede notarse un repunte en diciembre que probablemente tiene su causa en mayor flujo de clientes durante esa época del año. Por otro lado, en la Figura 35 puede notarse cómo el costo total de la energía sobrepasa los Q15,000.00 durante los últimos 11 meses de operación. En algunos casos iguala o incluso sobrepasa los Q20,000.00. Asimismo, la tasa de crecimiento del costo de la energía para esta empresa es sumamente variable pues muestra aumentos y caídas abruptas, probablemente por estacionalidades. En la Figura 36 puede observarse una comparación entre la potencia máxima y la potencia promedio. Dicha gráfica revela una importante oportunidad de ahorro en tanto que la potencia contratada tiene un valor igual a 48kW mientras que la potencia máxima, en promedio, nunca sobrepasa más allá de los 40kW. Este es un indicador de que la Empresa X incurre en un gasto innecesario en tanto que podría reducir su potencia contratada a un valor más cercano a los 40kW con el fin de reducir sus costos por consumo de energía eléctrica. Esto permitiría generar un ahorro del 12.5% mensual según el pliego tarifario vigente de EEGSA (55.658845 Q/kW-mes).



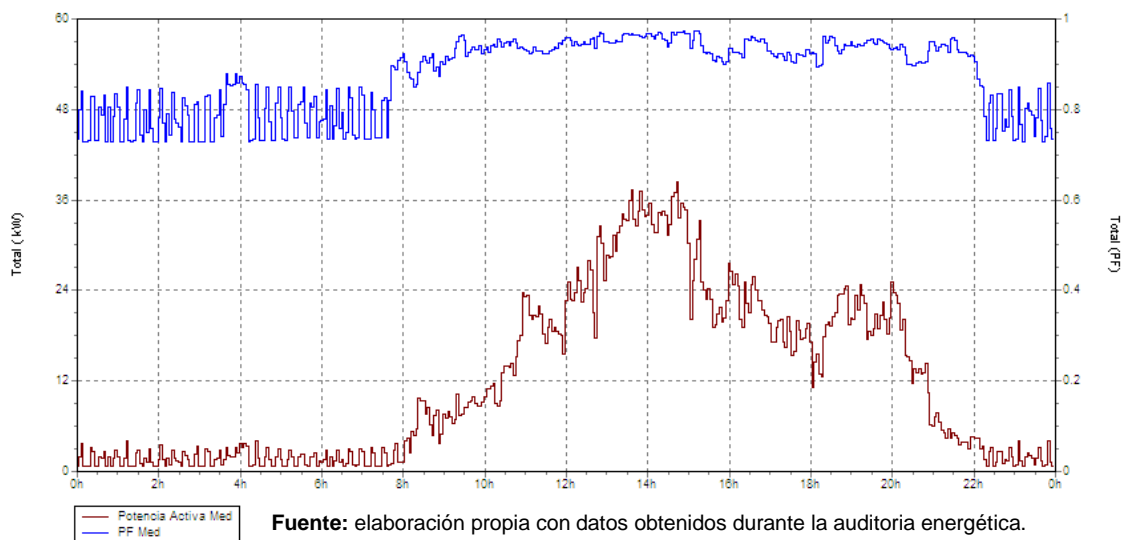
Fuente: elaboración propia con datos proporcionados por la Empresa X



Fuente: elaboración propia con datos proporcionados por la Empresa X

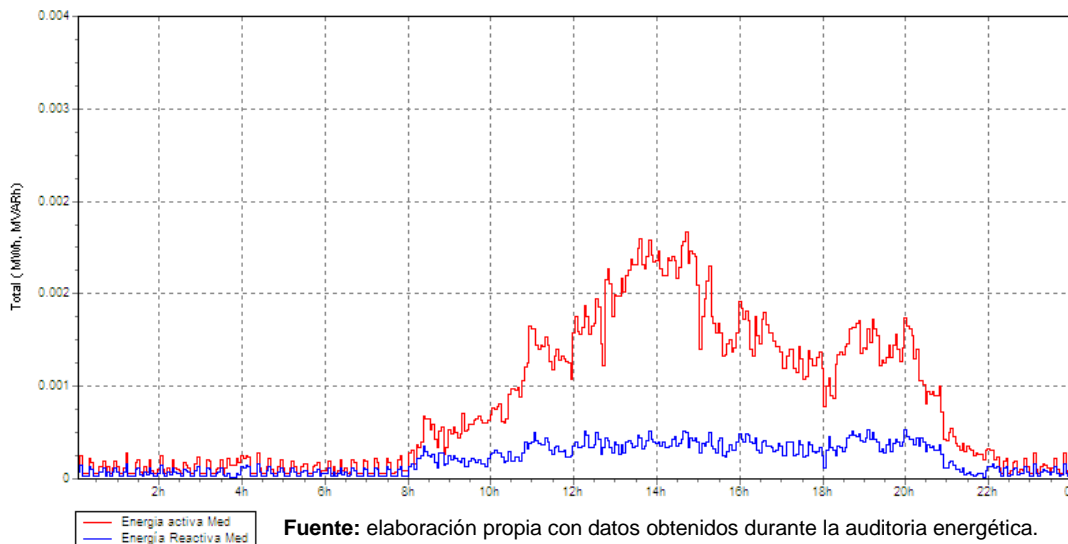
Un último punto interesante sobre este diagnóstico es observar la comparación entre el costo total de la energía eléctrica y el consumo de la misma. En determinados puntos se observa que a pesar de la disminución del consumo, hay un aumento del costo total de la energía. En otros ocurre el caso contrario: pese al aumento del consumo, el costo disminuye. Estas discrepancias en la tendencia de los costos son resultado del aumento o la disminución de las tarifas a causa de los ajustes tarifarios trimestrales realizados a lo largo del período analizado.

Figura 38. Variación de la potencia disponible en un día hábil (lunes)



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos durante la auditoria energética.

Figura 39. Variación de la energía consumida en un día hábil (lunes).



En la Figura 39 se muestra la curva de carga de la Empresa X durante un día hábil. Al observar la gráfica puede notarse cómo la demanda del recurso energético aumenta sustancialmente a partir de las 8 horas, período que corresponde al inicio de la jornada laboral. Posteriormente, se nota otro aumento significativo a las 11 horas, momento en el cual los empleados comienzan a atender a los comensales (el horno es encendido, al igual que las luminarias). Finalmente, entre las 12 y las 15 horas, se muestran los valores más altos de consumo de energía eléctrica. Esto coincide con lo reportado por los administradores quienes informaron que dicho período es el de mayor movimiento durante el día. La causa de este aumento es el uso del horno, pues éste trabaja con todas las resistencias encendidas, lo cual resulta en un mayor consumo energético. Luego se observa como el consumo se reduce entre las 15 y las 18 horas, en tanto que se reduce el número de comensales que visitan el restaurante. Luego, entre las 18 y las 20 horas vuelve a aumentar, debido al encendido de las luces exteriores de los parqueos y las vallas publicitarias. Finalmente, a partir de las 20 horas el consumo comienza a reducirse hasta alcanzar sus niveles más bajos.

Figura 40. Variación del consumo de energía activa en la Empresa X durante los primeros 5 días de marzo 2010.

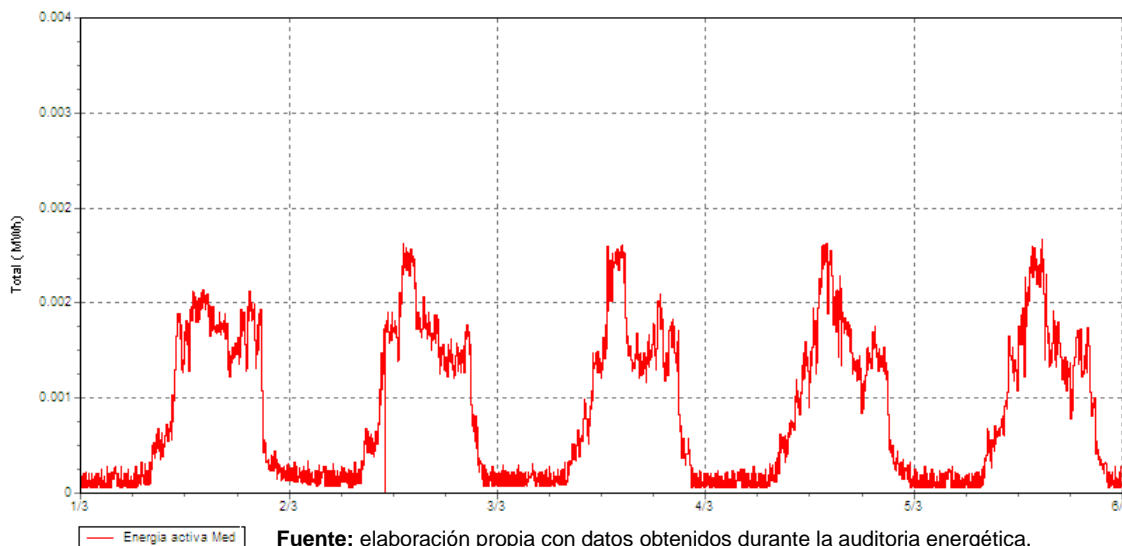
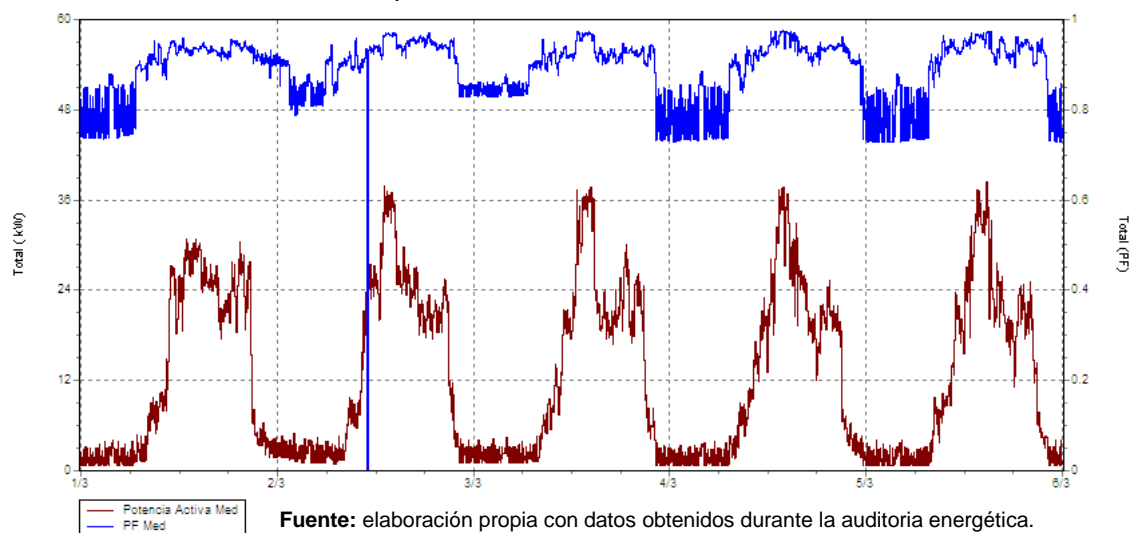


Figura 41. Variación de la potencia disponible en la Empresa X durante los primeros 5 días de marzo 2010.



Otro aspecto importante que se puede mencionar sobre la Figura 38 es el comportamiento del factor de potencia a lo largo del día. Éste es muy bajo durante el lapso en el que no se encuentra nadie dentro de las instalaciones, lo cual denota un mayor consumo de energía reactiva durante dicho período. En las Figuras 40 y 41 se observa el comportamiento del consumo de energía y la potencia disponible en la empresa durante cinco días consecutivos. Esta medición permite determinar si el comportamiento del consumo sigue una tendencia parecida durante el transcurso del tiempo. En efecto, puede observarse que las curvas toman un comportamiento bastante parecido, siempre con picos alrededor del mediodía. De la misma forma, se puede notar que el factor de potencia es siempre alto. Aunque éste presenta algunos valores bajos en determinados puntos, en general el promedio siempre se mantiene por arriba de los 0.90, lo cual indica un buen aprovechamiento de la energía activa y poco uso de la energía reactiva. Precisamente por eso no hay indicios de que la Empresa X esté en riesgo de recibir penalizaciones por bajo factor de potencia.

c. Ejemplo de una oportunidad de ahorro que no requiere inversión

Cuadro 2. Variaciones del pliego tarifario de EEGSA para usuarios de baja tensión con demanda fuera de punta (BTDFP) durante los últimos tres ajustes.

PARA FACTURAR EN	Ago09 - Oct09	Nov09 - Ene10	Feb10 - Abr10
RESOLUCIÓN NÚMERO	CNEE-149-2009	CNEE-183-2009	CNEE-16-2010
Cargo por Consumidor (Q/usuario-mes)	194.432725	194.432725	197.230116
Cargo Unitario por Energía (Q/kWh)	1.015481	1.100883	1.402474
Cargo Unitario por Potencia Máxima (Q/kW-mes)	38.419642	38.419642	38.446199
Cargo Unitario por Potencia Contratada (Q/kW-mes)	54.728852	54.728852	55.658845

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

Tal como se mencionó anteriormente, el solo hecho de conocer cuáles son los cargos que las empresas proveedoras del servicio de energía eléctrica facturan, faculta a los usuarios a realizar una mejor gestión de sus consumos, de acuerdo con sus necesidades. La Empresa X se encuentra dentro de la tarifa de baja tensión con demanda fuera de punta (BTDFP). Esto no es de extrañar ya que en efecto, su demanda promedio se encuentra en el orden de los 10kW y por otro lado, el período en el que más energía eléctrica consumen está fuera de la punta (18:00 a 21:00 horas).

Adicionalmente, al observar las facturas de energía eléctrica de la Empresa X, es posible notar que durante el primer año de operación, han mantenido una potencia contratada de 48 kW/mes. No obstante, la potencia máxima para el mismo período, nunca llegó a ser mayor a los 40 kW. Dicha diferencia pone de manifiesto una excelente oportunidad para generar ahorros sin realizar una inversión, sobre todo cuando se observa en el cuadro 2 que para el último trimestre el cargo por potencia contratada ascendió a Q55.658845/kW-mes. Si bien es muy arriesgado disminuir la potencia contratada mensual a exactamente 40 kW; el valor de 48 kW que ésta tiene actualmente demasiado alto en relación a las necesidades de la empresa, de manera que sólo redundaría en un costo más elevado de la energía eléctrica. Para no correr el riesgo de pagar penalizaciones, bien se puede establecer una nueva potencia contratada igual a 42 kW. Dicho valor es completamente justificable en tanto que las instalaciones de la Empresa X no han requerido un valor muy cercano a éste durante el último año de operación. En la siguiente tabla se pueden ver tanto la situación actual como la que podría ocurrir al realizar el cambio de potencia contratada.

Cuadro 3. Beneficios económicos derivados de una oportunidad de ahorro de energía que no requiere inversión.

DESCRIPCIÓN	ESCENARIO	
	Actual	Propuesto
Potencia contratada (kW)	48	42
Cargo Unitario por Potencia Contratada (Q/kW-mes)	55.65885	55.65885
Costo mensual (Q/mes)	2,671.62	2,337.67
Ahorro mensual (Q/mes)	-	333.95
Ahorro (%)	-	12.5

En el Cuadro 3 se evidencia claramente como un simple cambio puede generar un ahorro de hasta 12.5% en el costo de la potencia contratada por mes. Asimismo, este ahorro de Q333.95 al mes representa aproximadamente un 2% del costo mensual total de energía eléctrica. Si este mismo cargo no llegase a sufrir una modificación considerable en los próximos ajustes tarifarios realizados por la CNEE, se podría afirmar que al año, se generaría un ahorro cercano a los Q4,000.00.

d. Ejemplo de una oportunidad de ahorro que sí requiere inversión

Figura 42. Aspecto de las instalaciones de la Empresa X durante horas de la noche.



Es innegable que la correcta utilización y gestión del alumbrado será siempre uno de los aspectos que deberán optimizarse a partir de una auditoría energética. Esto no es de extrañar dado el peso considerable del costo de la iluminación dentro del costo total del consumo de energía eléctrica. En instalaciones como las de la Empresa X, la iluminación representa un factor importante no precisamente por el consumo, sino porque en general, los restaurantes necesitan que sus instalaciones constituyan una experiencia visual. Esto

ocurre porque la percepción que los clientes tienen de la instalación es la primera carta de presentación de la misma y condicionará inexorablemente la evaluación final del servicio. En ese sentido, una buena iluminación para este tipo de instalaciones no sólo debe ser de calidad y proporcionar confort visual sino que además, debe contar con una alta eficiencia energética con el fin de evitar consumos innecesarios de energía eléctrica.

A la hora de evaluar la situación de las fuentes de luz en una instalación se considera la aplicación de algunos criterios tales como la temperatura de color, la iluminancia, la eficacia luminosa, etc. En ese sentido, las cualidades que debe reunir una buena iluminación son: a) Proporcionar el nivel luminoso suficiente. b) No provocar deslumbramientos. c) Reproducir los colores adecuadamente. Durante la auditoría realizada a la Empresa X, se analizaron algunos de estos criterios para establecer si la calidad de la iluminación en las instalaciones es la adecuada. A continuación se mencionan algunos de los hallazgos que permitieron formular la oportunidad de ahorro que se describe en esta situación.

Tal como se observa en la Figura 42, el método de alumbrado en las instalaciones de la Empresa X es el del alumbrado general. Éste proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área que se logra distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del local. Dicho método es de uso generalizado y se emplea generalmente en oficinas, centros de enseñanza, fábricas, comercios, etc. (García, Boix, 2000). Asimismo, se observa que cada luminaria consta de 4 tubos fluorescentes³⁰. Una inspección reveló que la potencia de los tubos empleados en toda la instalación es igual a 32W. De esta suerte, cada luminaria consume en total 128W.

Para medir la iluminancia en las instalaciones, se utilizó un luxómetro³¹. Antes de revisar los resultados, conviene repasar la definición de iluminancia. Este parámetro se define como el flujo luminoso recibido por una superficie. Su símbolo es E y su unidad es el lux (lx), el cual equivale a un lumen/m². Es probable que en primera instancia, esta definición no diga mucho; por eso se hace necesario recurrir a una explicación más sencilla. Para explicarla, García y Boix utilizan un ejemplo simple. Estos autores mencionan que probablemente todos hemos «...jugado alguna vez a iluminar con una linterna objetos situados a diferentes distancias. Si se pone la mano delante de la linterna se puede ver ésta fuertemente iluminada por un círculo pequeño y si se ilumina una pared lejana el círculo es grande y la luz débil. Esta sencilla experiencia recoge muy bien el concepto de iluminancia»³². Así pues, Los niveles máximos de luminancia o iluminancia elegidos deben estar razonablemente dentro de los niveles recomendados y justificados según cada caso. En el Cuadro 4, pueden observarse los niveles mínimos recomendados por la *Illuminating Engineering Society of North America* (IESNA) para diferentes tipos de instalaciones.

³⁰ Los tubos fluorescentes son dispositivos que cuentan con una lámpara de vapor de mercurio a baja presión. Su uso es generalizado en la iluminación doméstica e industrial. Su gran ventaja frente a otro tipo de lámparas, como las incandescentes, es su eficiencia energética.

³¹ Instrumento que permite medir los niveles de iluminación ambiental. Contiene de una célula fotoeléctrica, que convierte la luz que recibe, en electricidad. Crea una corriente la cual se puede leer y representar en una escala de lux (lumen/m²).

³² García, Javier; Boix, Oriol. Luminotecnia: iluminación de interiores y exteriores. Recurso disponible en: <http://edison.upc.edu/curs/llum/indice0.html>

Cuadro 4. Niveles mínimos de iluminancia requeridos según la aplicación.

TIPO DE LUGAR	ILUMINANCIA (lux)
Frente de tableros de control de instrumentos, interruptores, etc.	270
Parte posterior de los tableros o áreas dentro de tableros dúplex.	55
Pupitres de distribución o de trabajo	270
Cuarto de baterías	110
Pasillos y escaleras (medida al nivel del piso)	55
Alumbrado de emergencia en cualquier área	11
Áreas de maniobra	160
Áreas de tránsito de personal y vehículos	110
General	22

Fuente: *Illuminating Engineering Society of North America.*

Una rápida revisión de la tabla revela que para el caso de “pupitres de distribución o de trabajo”, se requiere un nivel mínimo de iluminancia de 270 lux. Según la Norma Oficial Mexicana 025 (que puede observarse en el Cuadro 5), esto equivale a una categoría en la que se requiere una distinción moderada de detalles (ejemplos de tareas para este nivel de iluminancia incluyen: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina) y por lo general se emplea en áreas de empaque y ensamble y en aulas u oficinas. En consecuencia, los valores hallados en la Empresa X no deberían estar alejados de este valor.

Tal como se puede observar en la Figura 43, las 21 luminarias presentes en las instalaciones de la Empresa X incluyen el área de producción, el área de ventas y los espacios destinados para uso de los clientes. En la tabla 5 puede observarse que la gran mayoría de dichas luminarias presenta valores de iluminancia por arriba de los 300 luxes, lo cual indica que en toda el área del restaurante se logra una buena iluminación de las mesas. Ahora bien, a pesar de que la iluminación es buena, esta no cuenta con la suficiente eficiencia. En ese sentido, se hace necesario plantear un proyecto que proporcione los niveles de iluminación adecuados y que a la vez constituya una inversión rentable.

La elección de las luminarias está determinada por el entorno de trabajo en el que se utilizará. Hay muchos tipos de luminarias y hacer una clasificación exhaustiva se complica, dados los avances tecnológicos desarrollados cada año. Sin embargo, por lo general, para instalaciones como las de la Empresa X, se emplean lámparas fluorescentes. Tal como se ha mencionado con anterioridad, el uso de este tipo de luminarias es bastante extendido en oficinas, comercios, centros educativos, almacenes, etc. por su economía y su eficiencia luminosa en relación al consumo de energía eléctrica.

Además, según el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica de México (FIDE), las lámparas fluorescentes «poseen la ventaja de no producir la luz desde un mismo punto focal, sino de hacerlo en forma suave y difusa por toda su extensión sin producir resplandores ni sombras acentuadas. Por ello su luz aparece fresca y más eficiente

reduciendo el esfuerzo visual. La limitación del uso de lámparas fluorescentes se encuentra sobre todo en su altura de montaje, ya que para alturas superiores a los 3 metros su aprovechamiento es reducido drásticamente. Las lámparas fluorescentes requieren de un reactor o balastro³³ para operar, generalmente los balastos se diseñan para operar un par de lámparas a la vez o incluso tres o cuatro».³⁴

Cuadro 5. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

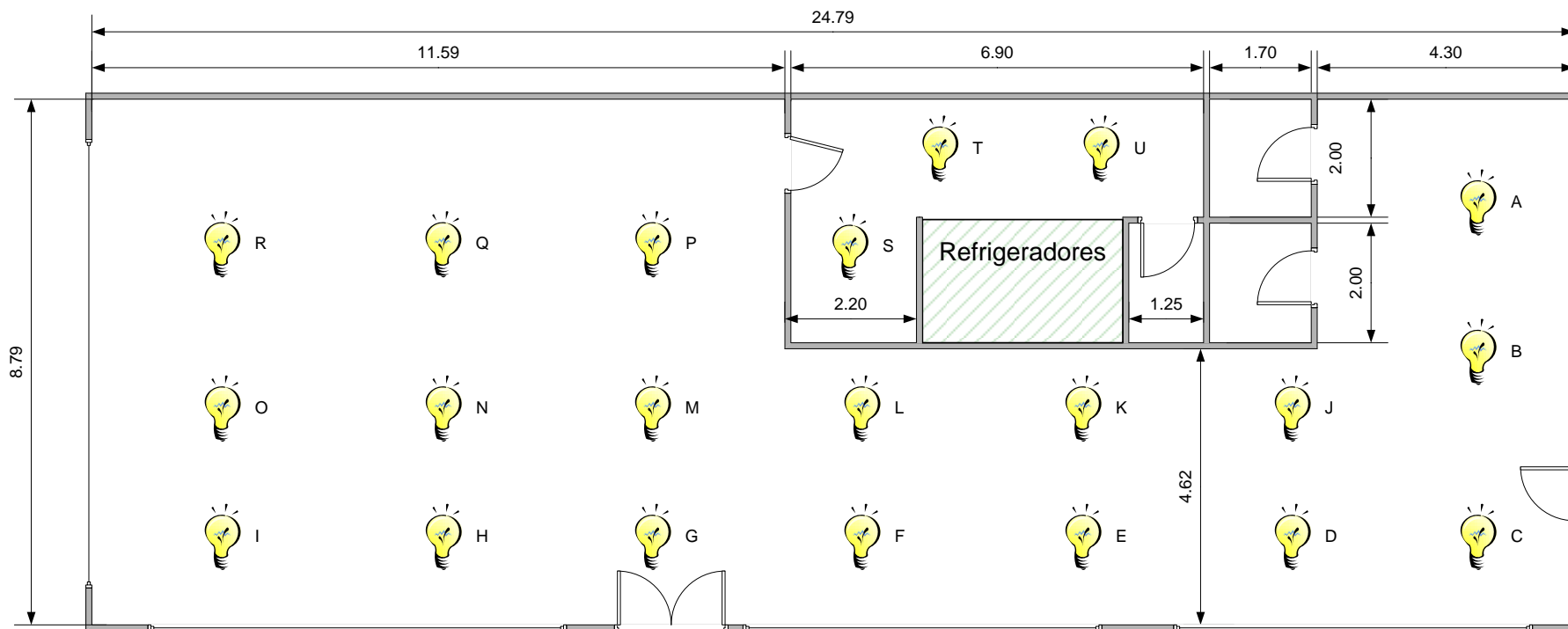
TAREA VISUAL	ÁREA DE TRABAJO	NIVELES MÁXIMOS DE ILUMINANCIA (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: – De bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; – Exactas y muy prolongadas, – De extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	2,000

Fuente: NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008.

³³ Equipo electromagnético o electrónico empleado para operar las lámparas de descarga eléctrica que mantiene un flujo estable de corriente en las mismas.

³⁴ Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica de México. Ahorro de Energía Eléctrica en Sistemas de Iluminación.

Figura 43. Esquema de las instalaciones de la Empresa X y ubicación de las fuentes



Cuadro 6. Iluminancia de todas las fuentes de luz ubicadas en las instalaciones de la Empresa X durante horas de la noche.

Identificador	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
Iluminancia (luxes)	376	320	340	336	329	322	376	329	321	356	377	348	367	312	206	320	298	268	343	352	127

El FIDE afirma que «los sistemas denominados T8 y T5, lámparas de una (8/8, 5/8) pulgada de diámetro, son lámparas fluorescentes que poseen las características más avanzadas en calidad y eficiencia. Con un CRI³⁵ de 90 y un diámetro de 25mm, las lámparas T8 son la mejor opción para diseños de iluminación en oficinas, bibliotecas, tiendas, hospitales y otras múltiples aplicaciones en donde sea importante ahorrar energía y tener iluminación de alta calidad.»³⁶ Si se cuenta con este tipo de sistemas de lámparas o bien se desean instalar los mismos, una forma simple de aprovechar una alternativa de ahorro en los sistemas de iluminación es el uso de reflectores especulares (modelos con rejillas cuadradas o transversales y modelos con difusores). Estos están diseñados para reflejar el flujo luminoso de las lámparas en direcciones determinadas mediante reflexión especular. Al usar estos dispositivos se puede reducir la cantidad de tubos que actualmente tienen las luminarias de la Empresa X. La propuesta consiste en reemplazar los 4 tubos actuales por 2 de menor potencia, de manera que con la instalación de los reflectores especulares, se pueda obtener el mismo grado de iluminancia pero gastando menos energía eléctrica. El Cuadro 7 resume los resultados del escenario propuesto.

Cuadro 7. Beneficios económicos derivados de una oportunidad de ahorro de energía que requiere inversión.		
	ACTUAL	PROPUESTO
Cantidad de lámparas por luminaria	4	2
Potencia de cada lámpara (kW)	0.032	0.025
Potencia total por luminaria (kW)	0.128	0.050
Uso diario aproximado (horas)	10	10
Energía consumida por luminaria al día (kWh)	1.28	0.50
Cantidad total de luminarias	21	21
Energía consumida total por iluminación (kWh)	26.880	10.500
Cargo Unitario por Energía (Q/kWh)	1.402474	1.402474
Costo diario de la iluminación (Q/día)	37.70	14.73
Costo mensual de la iluminación (Q/mes)	1,130.96	441.78
Ahorro mensual (Q/mes)	-	689.18
Porcentaje de ahorro	-	60.9

Tal como se observa en la tabla, el ahorro que podría generar esta oportunidad asciende al 61% del total de energía eléctrica consumida por concepto de iluminación. El ahorro de Q689.18 al mes representa aproximadamente un 5% del costo mensual total de energía eléctrica consumida por la Empresa X. Al año, este ahorro mensual suma un total de Q8,270.11. El siguiente paso es comprobar que la inversión es viable.

³⁵ El índice de rendimiento de color es una medida que describe la calidad de la reproducción de colores de la luz de una lámpara, debe ser considerada en toda aplicación de iluminación. Se mide de una escala del 0 al 100 o en porcentaje. En aplicaciones comerciales, las lámparas con alto CRI hacen que la mercancía sea más atractiva al cliente, la comida más apetitosa en los restaurantes, etc.

³⁶ *Op. cit.* pág. 45

e. Análisis de los beneficios económicos esperados

Cuadro 8. Costos de los elementos para instalar la propuesta de ahorro de energía en iluminación.

CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	DESCRIPCIÓN
21	Q217.62	Q4,569.96	Kit de refractor anodizado
21	Q395.86	Q8,313.07	Difusor parabólico - 24 celdas de aluminio
21	Q139.77	Q2,935.21	Balastro electrónico Ultramax - 2x25W
42	Q21.00	Q882.00	Tubo fluorescente - 25W - T8 - 4100K
1	Q2,500.00	Q2,500.00	Costo de instalación
COSTO TOTAL		Q19,200.25	

En el Cuadro 7 pueden observarse los elementos que se necesitan para instalar el sistema de iluminación propuesto, además de los costos unitarios de los mismos. Para obtenerlos se realizó una cotización con la empresa ISELEC, especialista en iluminación. En el cuadro 8 se muestra el flujo efectivo neto de las oportunidades para el ahorro de energía a una tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) de 17.48%. La tasa interna de retorno (TIR) a tres años asciende a 43%, mientras que el valor presente neto (VPN) es de Q6,569.93, y el período de recuperación es de 1.6 años. A todas luces se puede afirmar que el proyecto es viable.

Cuadro 9. Métodos de evaluación para considerar la viabilidad del proyecto.

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	
Inversión inicial	(Q19,200.25)				
Nueva potencia contratada		Q4,007.40	Q4,007.40	Q4,007.40	
Sustitución de luminarias		Q8,270.11	Q8,270.11	Q8,270.11	
TOTAL	(Q19,200.25)	Q12,277.51	Q12,277.51	Q12,277.51	
n_p	1.6	TIR	41%	VPN	Q6,569.93

En el año 0 se muestra la inversión que debe realizarse para implementar el proyecto (el detalle de su composición se detalla en el cuadro 7) y además, se muestran los ingresos generados por los ahorros en los siguientes 3 años. Para determinar la TMAR se tomó en cuenta la tasa de inflación (2.61% a marzo del 2010), y la tasa de interés activa del sistema bancario (14.87% a abril de 2010) reportadas por el Banco de Guatemala, durante el año en curso. Los resultados demuestran a todas luces que con la simple implementación de dispositivos más eficientes para generar iluminación de la calidad necesaria, es posible obtener ahorros sustanciales en un período corto de tiempo.

IV. CONCLUSIONES

1. Es importante resaltar que para lograr los beneficios de la eficiencia energética, existe una diversa gama de metodologías, acciones y criterios que requieren de ciertos conocimientos y destrezas específicos. Sin embargo, en el caso de los gerentes, más que profundizar en lo puramente técnico, es de suma importancia que estos comprendan la situación particular de sus empresas en relación al uso de energía. Sólo de esa forma podrán estar facultados para poner en práctica las medidas que les permitan reducir el consumo de ésta.
2. Luego de realizar la auditoría energética en la Empresa X, los resultados mostraron que al invertir en un proyecto con una inversión inicial de Q19,200.25 y una Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) de 17.48%, la Tasa Interna de Retorno (TIR) del mismo (a tres años) asciende a 43%, mientras que el Valor Presente Neto (VPN) es de Q6,569.93, mientras que el período de recuperación es de 1.6 años.
3. El éxito de un programa eficaz de la administración de la energía depende de la credibilidad de la auditoría energética. Similar importancia tienen las estimaciones de costos y ahorros para los proyectos de eficiencia energética. El interés de toda organización debe dirigirse a la búsqueda continua de todas las medidas posibles que redunden en un mejor uso de todos los insumos de producción, incluyendo los energéticos, con el objeto de reducir sus costos e incrementar su productividad y competitividad.

V. RECOMENDACIONES

1. En la Empresa X existen más oportunidades para el ahorro de energía y la eficiencia energética que permitirán disminuir el consumo en aspectos como la refrigeración y el aire acondicionado. Sin embargo, se requiere la asistencia de personal técnico capacitado e independiente que sea capaz de recomendar las mejores soluciones disponibles.
2. Posteriores auditorías energéticas revelarán más particularidades de consumo en la Empresa X y ayudarán a determinar cuál es la participación de los distintos equipos presentes en las instalaciones en el consumo de energía eléctrica. El interés de la Empresa X debe orientarse hacia la búsqueda de todas las medidas posibles que signifiquen el mejor uso de todos los dispositivos utilizados en el proceso de producción (reemplazo, distintas modalidades de uso, equipos complementarios).

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Administrador del Mercado Mayorista. Informe Estadístico Preliminar 2009. Recurso disponible en: <http://www.amm.org.gt/estadisticopreliminar2009.pdf>
- Banco de Guatemala. Principales estadísticas de comercio exterior. Recurso disponible en: <http://www.banguat.gob.gt/inc/main.asp?id=3986&lang=1&aud=1>
- Blank, Leland; Tarquin, Anthony. 2006. *Ingeniería económica*. México. McGraw-Hill Interamericana. 816 págs.
- Boylestad, R.; Nashelsky, Louis. 1997. *Fundamentos de electrónica*. 4ª. edición. México. Pearson Education. 624 págs.
- Comisión Nacional de Energía Eléctrica. Portal del usuario. Conoce tu tarifa. Recurso disponible en: www.cnee.gob.gt
- Coulter, Mary; Robbins, Stephen. 2004. *Administración*. 8ª. edición. México. Pearson-Prentice Hall. 832 págs.
- Esquerra Pizá, Pere. 1988. *Dispositivos y sistemas para el ahorro de energía*. España. Marcombo Boixareu Editores. 160 págs.
- *El plan de conservación de energía en su industria: un instrumento gerencial para reducción de costos*. 1984. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. Guatemala. 231 págs.
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica de México. 2010. Programa integral de asistencia técnica y capacitación para la formación de especialistas en ahorro y uso eficiente de energía eléctrica en Guatemala.
- Freeman, David. 1988. *Energía: la nueva era*. Traducción de Leandro Wolfson y Luis F. Coco. México. Ediciones Tres Tiempos. 318 págs.
- Garcia, Javier; Boix, Oriol. Luminotecnia: iluminación de interiores y exteriores. Recurso disponible en: <http://edison.upc.edu/curs/llum/indice0.html>
- Gibbons, John. 1983. El imperativo de la conservación de la energía para el crecimiento económico.
- Hitch, Charles (Ed.). *Conservación de la energía y crecimiento económico*. Traducción de Leandro Wolfson. Argentina. Ediciones Tres Tiempos. 184 págs.
- Illuminating Engineering Society of North America. Normas. Recurso disponible en: http://www.iesnamexico.org/acerca_de_iesna.html
- Juárez, German. 2006. *Externalidades de la generación eléctrica: lineamientos para el aprovechamiento y participación de la energía renovable en la generación eléctrica del país*. Tesis Universidad del Valle de Guatemala. 135 págs.
- Ministerio de energía y Minas. Dirección General de Energía. Estadísticas. Estadísticas del Subsector Eléctrico. Recurso disponible en: <http://www.mem.gob.gt/Portal/Home.aspx?secid=42>

- O'Keefe, Brian. *¿A qué se debe el alza del petróleo?* Recurso disponible en: <http://www.cnnexpansion.com/economia/2009/06/17/a-que-se-debe-el-alza-del-petroleo>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2008. *Guatemala: ¿Una economía al servicio del Desarrollo humano? Informe Nacional de Desarrollo Humano 2007/2008*. Volumen I. Guatemala. Editorial Sur. 562 págs.
- Reis, A., et al (Ed.). 1985. *Energy Economics & Management in Industry*. Gran Bretaña. Pergamon Press Ltd. 2 vols.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Recurso disponible en: <http://www.stps.gob.mx/DGSST/normatividad/noms/Nom-025.pdf>
- Selva, Guillermo; Umaña Álvaro. 1988. *Administración de la energía*. San José, Costa Rica. Editorial Universitaria Centroamericana. 594 págs.
- Soubbotina, Tatyana. 2004. *Beyond Economic Growth: An Introduction to Sustainable Development*. Segunda edición. Recurso disponible en: <http://www.worldbank.org/depweb/spanish/beyond/global/chapter14.html>
- Starr, Chauncey. 1983. Compatibilidad del crecimiento económico y de la tecnología de conservación.
- United States Energy Information Administration. Independents Statistics and Analysis. Spot Prices for Crude Oil and Petroleum Products. Recurso disponible en: <http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=RWTC&f=D>

VII. APÉNDICE

Cotización UVG-PROYECTO RETROFIT



Lote 3, Mz P, sector B3 San Cristobal II zona 8 de Mixco
 Tel: 2485 4302, 24854368, 54071652, 54071653
 Fax: 2485 4302

e-mail: iselec@iselecgrou.com

Ref:ISE-272/2010

ESTE AÑO ES NUESTRO 100 ANIVERSARIO!!!
 ESTE PENDIENTE DE NUESTRAS OFERTAS.....

Guatemala, 27 de abril del 2010

Señoras
 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
 Presente

Proyecto: RETROFIT

Tel: 2449 8112 / 5102 0670

Fax: 2449 8112

ATENCION: Emanuel Paradas

Según su solicitud tenemos el agrado de cotizar lo siguiente.

Item	CANT	P.U	Total	Catálogo	Descripción	MARCA	Tiempo de entrega	En stock
1	21	Q217.6173	Q4,569.96	RA 7024KIT	Kit de reflector anodizado para convertir de 4 tubos a dos - incluye bases y tornillos para montaje	ALP Lighting	5 semanas	0
2	21	Q395.8605	Q8,313.07	KCPLNAB 2424SSS	Difusor parabólico - 24 coldas de aluminio.	ALP Lighting	5 semanas	0
3	21	Q395.8605	Q8,313.07	KCPLNAB 2424SSS	Difusor parabólico - 24 coldas de aluminio.	ALP Lighting	5 semanas	0
4	21	Q139.7720	Q2,935.21	72266-GE232MAX-NUTRA	Balastro electrónico Ultramax - 2x32W - multivoltaje (120,208,240,277V)	General Electric	inmediato	21
5	42	Q21.0000	Q882.00	F32/25/T8/SP41/ECD	Tubo fluorescente - 25W - T8 - 4100K	General Electric	inmediato	42
		VALOR TOTAL	Q25,013.32					

NOTA: Los precios son en QUETZALES - puestos en la ciudad de Guatemala - incluye impuestos y el IVA.
FORMA DE PAGO: 50% CON SU ORDEN DE COMPRA - 25% ANTES DE SALIR DE ADUANA - 25% CONTADO CONTRA ENTREGA.
GARANTÍA: 1 Año bajo condiciones normales de uso mantenimiento e instalación.
VALIDEZ DE LA OFERTA: 1 MES A PARTIR DE LA FECHA 27/04/2010

En espera de sus gratas noticias se despido,

Atentamente,

Ing. Leonel Rotolaza
 Ingeniero de Proyectos & Ventas

