



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

ADMINISTRACION ENERGETICA INDUSTRIAL Y COGENERACION EN MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A

CARLO ANDRES HERRERA MALDONADO

MEXICO, D. F.

1993



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

CAPITULO	PAGINA
AGRADECIMIENTOS	i
INDICE	ii
I MARCO DE REFERENCIA TECNOLÓGICO Y ECONÓMICO DE LAS EMPRESAS EN MÉXICO CON RESPECTO A LA ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA	1
MARCO DE REFERENCIA ECONÓMICO-ENERGÉTICO EN LAS EMPRESAS EN MÉXICO	2
CONSUMO Y POTENCIAL DE CONSERVACIÓN DE ENERGÉTICOS EN LAS INDUSTRIAS DE MÉXICO	6
POTENCIAL Y ESTRATEGIA A NIVEL NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGÍA AL AÑO 2000	19
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS RELATIVOS AL AHORRO DE ENERGÍA	22
RESUMEN DE LOS BENEFICIOS DE LA ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA Y DE LA COGENERACIÓN EN LA INDUSTRIA	25
REFERENCIAS DEL CAPÍTULO I	30
II LA ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA EN LAS EMPRESAS	32
ESTRATEGIA GENERAL Y ARRANQUE DE UNA ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA	33
ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS	43
PLANEACIÓN ESPECÍFICA Y FORMULACIÓN DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL DE LOS ENERGÉTICOS	44
EL CONTROL DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA	68
EJEMPLO DE EVOLUCIÓN EN LOS PROGRAMAS DE AHORRO DE ENERGÍA DENTRO DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA EN LA INDUSTRIA	80
REFERENCIAS DEL CAPÍTULO II	83
III METODOLOGÍAS PARA LA REALIZACIÓN DE DIAGNÓSTICOS ENERGÉTICOS	85
DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE PRIMER NIVEL	86
DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE SEGUNDO NIVEL	115
REFERENCIAS DEL CAPÍTULO III	130

IV	LA COGENERACION INDUSTRIAL EN MEXICO	131
	DEFINICION DE SISTEMAS DE COGENERACION	132
	POTENCIAL DE COGENERACION Y ESCENARIOS PARA EL DESARROLLO DE LA COGENERACION EN MEXICO	134
	POLITICAS Y MARCO LEGAL PARA EL AUTOABASTECIMIENTO Y LA COGENERACION	137
	ESTUDIOS DE VIABILIDAD Y FACTIBILIDAD DE SISTEMAS DE COGENERACION	139
	ASPECTOS A CONSIDERAR EN UNA ENCUESTA PARA EL ANALISIS DE SISTEMAS DE COGENERACION	141
	SELECCION DE UN SISTEMA DE COGENERACION	150
	CARACTERISTICAS INHERENTES A CADA SISTEMA DE COGENERACION	168
	FACTORES QUE INCIDEN EN LA FACTIBILIDAD DE PROYECTOS DE COGENERACION	170
	REFERENCIAS DEL CAPITULO IV	174
V	REPORTE DEL DIAGNOSTICO ENERGETICO DE SEGUNDO NIVEL REALIZADO EN UNA MICROINDUSTRIA	175
	DATOS GENERALES DE LA EMPRESA	177
	DESCRIPCION DEL PROCESO	178
	SITUACION ENERGETICA ACTUAL	181
	CARACTERISTICAS ENERGETICAS	185
	ANALISIS ENERGETICO DE LOS SISTEMAS	197
	SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AGUA	201
	MEDIDAS DE AHORRO	202
	CONCLUSIONES	208

CAPITULO I

MARCO DE REFERENCIA TECNOLOGICO Y ECONOMICO DE LAS EMPRESAS EN MEXICO CON RESPECTO A LA ADMINISTRACION DE LA ENERGIA

Con el objeto de prever las condiciones tanto tecnológicas como económicas que afectan y le dan sentido a la implementación de programas de ahorro de energía, y en especial al de una administración de la energía en las empresas en nuestro país, se presenta el siguiente capítulo introductorio.

I.1 MARCO DE REFERENCIA ECONOMICO-ENERGETICO EN LAS EMPRESAS EN MEXICO

Todas empresas en nuestro país de todas las ramas industriales, así como las empresas integrantes de otros sectores como comercial y de servicios, e incluso las de carácter paraestatal y municipal, están sujetas a un marco de afectación económica donde la energía participa en menor o mayor grado. El sector residencial, el del transporte, así como en el bombeo agrícola también son sectores afectados por requerimientos de suministro de energéticos de distintos tipos. El conjunto de todos los consumidores representa para la nación una necesidad importante de mantener una infraestructura suficiente para la producción de energéticos como lo demandan cada uno de estos sectores, en un marco de un continuo crecimiento provocado por el aumento de la población, y del desarrollo industrial. La presión por el crecimiento de la infraestructura existente en el país para proveer de estos bienes y servicios se acentúa debido a la necesidad de suministrarlos a sectores de la población que carecen de ellos por su situación geográfica o desarrollo económico, y que los demandan. El Gobierno Federal toma en cuenta estos requerimientos y demandas, y trata de proceder con una estrategia en el sector energético, y con la implementación de otros instrumentos de apoyo para crear y fomentar los mecanismos de desarrollo lo más adecuados posible para evitar rezagos en este campo de suministros y contribuir con ello a conseguir una mayor justicia social y apoyo al crecimiento económico.

La labor del Gobierno Federal no es sencilla debido a que la realización y crecimiento de la infraestructura requerida para la generación de energéticos requiere de inversiones cuantiosas, y de suministros continuos, a su vez, en recursos renovables y no renovables.

La segunda problemática que le da sentido a un plan nacional de conservación de energéticos es el momento histórico al que estamos en vías de enfrentarnos. En un proceso de globalización mundial, las empresas del país están también en un proceso de integración de un mercado mundial donde se producen, intercambian y consumen productos a los que se les integraron un conjunto de insumos para fabricarlos. Uno de estos insumos está constituido por uno o varios energéticos que consumió la empresa ya sea para aplicación en forma directa en el proceso de producción, como puede ser por ejemplo en un horno eléctrico en una empresa fundidora, o en una aplicación indirecta, como en la energía eléctrica requerida para el bombeo a la red de distribución del agua de la misma empresa fundidora.

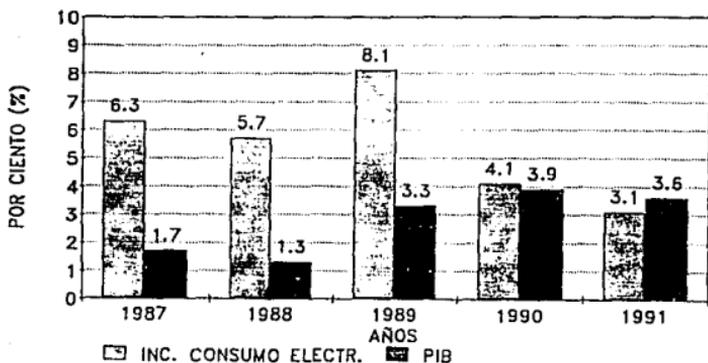
Todos los energéticos finales que se llegan a consumir para la fabricación del producto constituyen un insumo que repercute con un cierto costo al costo de producción total. Dependiendo del tipo de producto que se trate y de su dependencia con energéticos utilizados en el proceso de producción, así también será su aportación al costo total de producción por el consumo de energía. Frente a empresas del mismo tipo de productos, la empresa que ofrezca además de calidad, un precio razonable, estará en mejores condiciones de afrontar un mercado cada vez más competido por empresas nacionales como internacionales, y por tanto estarán en mejores condiciones afrontar retos, o simplemente de sobrevivir.

El plan nacional de conservación de energéticos así mismo está justificado, debido también por la globalización mundial económica, por el incremento continuo de los costos de energéticos que tienden a buscar un equilibrio para estabilizarse en precios internacionales, y por lo tanto más realistas. Para lograr este objetivo, los energéticos deberán pasar por un proceso paulatino de eliminación de subsidios. Además, como se verá más adelante, ciertos energéticos muestran tendencias distintas de indexación en sus precios por su disponibilidad en el futuro. El proceso de eliminación de subsidios puede coincidir con el proceso de indexación internacional del energético y repercutir en mayor grado en la afectación al consumidor final.

Uno de los principales argumentos que han impulsado planes de Conservación de energéticos a nivel tanto internacional como nacional ha sido el hecho de agotamiento inexorable de los recursos no renovables, principalmente los combustibles fósiles. Ha sido de hecho, como se verá con más detalle después, debido a la primera crisis de petrolera provocadas por conflictos político-económicos del medio oriente en los años de 1973-1974, lo que empezó a motivar a las empresas industrializadas a cambiar su estrategia de desarrollo y producción hacia sistemas de menor consumo de energéticos, y al mismo tiempo, de la búsqueda de fuentes alternas de energía. La sucesión de otras crisis energéticas han soportado el fondo de políticas a nivel nacional de los países, para una eficientación en el uso de los recursos no renovables como la energía. El seguimiento de estas políticas así como las presiones económicas de los costos y expectativas en los energéticos han disminuido los niveles de consumos en los países desarrollados. Al incrementarse la expectativa de disponibilidad de recursos energéticos por su conservación y cuidado, dará también un mayor margen de oportunidades y tiempo para la generación de tecnologías y de fuentes alternas de energía, mientras el mundo entero se va ajustando a la futura restricción de hidrocarburos por su agotamiento. El panorama de las tecnologías y fuentes alternas de energéticos, se ha empezado a vislumbrar, no obstante desde ahora, como una solución aunque necesaria, no muy cómoda debido a los elevados costos y dificultades técnicas que han presentado hasta ahora. Ello resulta como otro argumento a favor para una mejor conservación de los recursos actuales, mientras damos más tiempo para el mejoramiento, eficientación y abaratamiento de las nuevas tecnologías.

En los más recientes años, como se describirá en el siguiente artículo, así como hubo una tendencia de disminución de consumos nacionales en los países industrializados por la aplicación de políticas de conservación de la energía, de la misma forma está ocurriendo una tendencia de disminución de consumos de energéticos en nuestro país por un mayor impulso que se está dando por las campañas nacionales de ahorro de energía. Podrá verse cómo la disminución de las tendencias de consumo se deben específicamente por la aplicación de programas de ahorro de energía en los diversos sectores y no por la recesión económica de la última década.

TENDENCIAS DEL INCREMENTO DEL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA Y DEL PIB



Fuente FIDE¹

Tomando como base la serie de problemáticas mencionadas arriba se comprende mejor la justificación de la implantación de planes de ahorro de energía en todos los sectores. Esta implantación se hace más urgente conforme pase más tiempo. De manera general se expresan los consecuentes objetivos que se persigue a nivel nacional.

Para el sector energético se contempla una ayuda extraordinaria la alteración de la pendiente de crecimiento de la demanda de energéticos. Ello dará un mayor margen de tiempo de adecuación de la infraestructura existente a los retos que se van presentando. En el sector eléctrico por ejemplo, se reducirá la necesidad de realizar nuevas centrales de generación eléctrica con la velocidad que se hubiese requerido según se pronosticaba sin la aplicación de políticas de ahorro de energía. Cada central de generación eléctrica representa en sí una obra que requiere una enorme inversión. El financiamiento para la obtención de estas obras

representa una parte importante de la disponibilidad de recursos económicos de la nación, los cuales podrían utilizarse para el desarrollo de otras obras de infraestructura más indispensables para el país.

La disminución sumada de demandas de electricidad en horarios punta permitirá la disminución de la carga de los equipos utilizados para estos periodos, aumentando con ello su vida útil. De la misma manera, la exigencia de una menor disponibilidad de estos permitirá la aplicación de un mejor programa de mantenimiento de sus unidades.

La disminución de la tendencia de la demanda de hidrocarburos favorece también la reducción de la presión de en la creación acelerada de la infraestructura para el suministro de hidrocarburos, y da también un mayor margen para la destinación de los recursos disponibles para necesidades más prioritarias y lograr un desarrollo más equilibrado y justo en el país.

En general hablando del sector energético, ha quedado demostrado que es más barato el ahorro de energía que la creación de la infraestructura para crearla; resulta más barato al país el aplicar una medida que ahorre un MW de energía de algún tipo que crear la infraestructura extra para producirla, cuando ya no se tiene la capacidad económica suficiente para ello.

Sin embargo, en el contexto empresarial, y particularmente en el industrial de nuestro país, la urgencia de la aplicación de programas de conservación de la energía se debe no tanto por la preocupación de la conservación de los recursos no renovables que empezarán a mostrar sus efectos de agotamiento en mediano y largo plazo. De hecho se ha encontrado que tampoco su interés primordial se centre en la reducción de los consumos de energéticos para un menor deterioro del medio ambiente. Sino el principal interés del sector industrial y del comercial es debido a la preocupación de integrar la administración energética al concepto de calidad total indispensable para los retos de desarrollo y competencia de las empresas en el futuro inmediato.

Los energéticos en sí forman parte también del conjunto de insumos necesarios para la producción; como tales integran parte del costo de producción de una manera directa por la facturación de los consumos, y de formas indirectas como por los incrementos en los costos de mantenimiento de equipos usados en exceso por una falta de control que los justifiquen.

De esta manera la Administración de la Energía se enmarca dentro de una nueva filosofía de administración completa de la empresa que integre el concepto de Calidad Total. Esta filosofía sostiene la tesis de que todo lo mejorable debe ser mejorado; también define la necesidad de una mejora continua y que todo proceso es mejorable. Con este concepto la administración de la energía se extiende en su aplicación a incluir otros consumibles aparte de los energéticos derivados del petróleo y electricidad, es

decir, a fluidos como el agua, aire comprimido o acondicionado, de la misma manera que otros materiales empleados en los procesos. Esta filosofía se extiende a tal grado que hace que se considere también alternativas como la recirculación o reciclaje de materiales.

De esta forma, la administración de la energía se convierte en parte de un proceso más completo que interviene en todos los aspectos operativos y de desarrollo de la empresa. Sin embargo a pesar de que esta temática no es nueva en un contexto internacional, en nuestro país es muy reciente su concepción y aplicación en forma. Más por necesidad que por deseo, la aplicación de programas de ahorro de energía en diversas plantas marca un inicio de un tipo de administración energética que no siempre llega a ser óptimo o llegar a ser completamente exitoso. Su implementación exitosa y permanente por primera vez en muchas empresas tendrá que superar una serie de obstáculos que van desde el desconocimiento y la ignorancia, hasta la falta de capacidad de planear la estrategia de seguimiento y aplicación de las medidas de conservación de la energía.

La administración de la energía es una disciplina que debe de establecerse y especificarse para la aplicación a las empresas en México, según sus características que las diferencian de las de países industrializados. Un buen cuidado y profesionalismo en su cada vez mayor aplicación redundará en una mayor oportunidad de progreso y, por tanto bienestar económico, frente a un reto tecnoc-económico que estamos cercanos a afrontar con mayor intensidad.

I.2 CONSUMO Y POTENCIAL DE CONSERVACION DE ENERGETICOS EN LAS INDUSTRIAS DE MEXICO

I.2.1 Evolución y perspectivas del consumo de energéticos en México

Actualmente, gran parte del abasto energético depende de los hidrocarburos cuya producción y distribución han enfrentado severas crisis en la economía mundial durante las dos décadas pasadas, hecho que ha obligado a las naciones industrializadas importadoras de petróleo a prevenir desajustes futuros entre la oferta y demanda mediante una acción coordinadora de esta última, al mismo tiempo que impulsan políticas de ahorro y uso eficiente de la energía entre los diferentes sectores consumidores.

En el caso particular de la economía mexicana, el problema energético se presenta en una dimensión distinta, pues se trata de una economía exportadora de petróleo en donde el abasto interno se satisface casi en su totalidad con la producción propia. Es decir, si bien la economía mexicana puede resentir directamente las oscilaciones de los precios en el mercado internacional del petróleo, la demanda interna de éste no corre los riesgos que se derivan por limitaciones de la oferta de energía primaria.

En este sentido, hacia finales de la década de los setenta y principios de los ochenta, ante la abundancia relativa de los

recursos energéticos, la demanda interna ocupa un segundo plano, circunscribiendo la problemática y política energética a un problema de financiamiento del desarrollo vía exportaciones.²

Los altos precios del petróleo y las expectativas de que éstos continuarían en el futuro, sustentaron una política de precios subsidiados de los energéticos hacia el mercado interno, generando distorsiones en el consumo que se traducen en un uso ineficiente e irracional de la energía, al mismo tiempo que se acentuó la dependencia de los hidrocarburos. Para ilustrar este punto basta señalar que de la producción de energía primaria en 1991, el 90.3% correspondió a los hidrocarburos, en tanto que dentro de el consumo final en sus usos energéticos, el gas y los productos petrolíferos ocuparon el 78.3% en el total de energía primaria y secundaria.³

No obstante la prioridad de la política de exportación en el ámbito energético y la dependencia de los hidrocarburos, en la producción y consumo nacionales, existen otros factores muy importantes a considerar al interior de la Base Energética, cuya evolución y estructura vienen determinadas por los recursos naturales con que cuenta el país, la dinámica de la acumulación y sus efectos sobre la estructura industrial, distribución del ingreso, financiamiento del desarrollo, y de la propia política económica que determina el uso de los recursos y la naturaleza de la acumulación.

De acuerdo con la contabilidad de los distintos flujos energéticos se distinguen tres grandes rubros que se catalogan como oferta, transformación y consumo final de energía, la que a su vez puede clasificarse ya sea en términos de energía primaria (carbón, petróleo, leña, etc.), o energía secundaria (gasolina, gas, coque, kerosinas, etc.). Con la interacción de todos estos elementos se elabora el Balance Nacional de Energía, cuya finalidad radica en la descripción del panorama energético nacional en un año determinado.

I.2.2 Producción, Transformación y demanda final de la energía

Conviene destacar las características del consumo final de energía descritas en los balances nacionales, debido a que se parte de la premisa básica de que la demanda energética del país depende del crecimiento económico que éste tenga y de las opciones tecnológicas que se definen en los distintos procesos productivos, de tal suerte que la producción y transformación de energía evolucionan por un lado, en función de las necesidades que el nivel de actividad económica y el desarrollo generan, y por otro, del nivel de eficiencia y productividad en el uso de los recursos energéticos en los distintos procesos productivos en particular y en el consumo final de energía en general.

Asimismo, es claro ver como en el caso de la exportación de energía, particularmente el petróleo crudo, parte de su producción depende de las condiciones del mercado internacional y de los esfuerzos de las economías importadoras por diversificar su base energética e implantar políticas de ahorro.

En este sentido y con arreglo a la información disponible en el Balance Nacional de Energía puede analizarse la demanda final energética del país cuya estructura se clasifica a nivel general en cuatro grandes sectores: a) transporte; b) industrial; c) residencial, comercial y público; y d) agropecuario.

La dinámica del crecimiento y estructura de estos sectores interactúa directamente sobre la producción y transformación de energía. Por el lado de la demanda final, los sectores industrial y transporte constituyen la parte sustancial al absorber el 74.7% del consumo energético final total durante 1991, particularmente la industria participa con el 34.8% en dicho rubro, en tanto que los sectores transporte y residencial, comercial y público absorben el 39.9% y 22.6% respectivamente durante el año citado.

1.2.3 Estructura del consumo energético industrial

En el caso particular del consumo energético industrial, es necesario precisar sus características principales a fin de comprender mejor las interacciones que existen entre el crecimiento económico y el consumo energético del sector. En el cuadro 1 se detallan la evolución y estructura del consumo final energético del sector industrial y en el cuadro siguiente se muestra la estructura del consumo en términos de la participación porcentual de cada energético en cada año del período 1965-1991. Se aprecia que la industria mexicana consumió principalmente tres energéticos: electricidad, combustóleo y gas natural, que en conjunto durante 1991 representaron el 83.2% del consumo energético industrial.

Por otra parte, a lo largo del período histórico de referencia (cuadro 2), el consumo energético del sector industrial ha venido mostrando algunos cambios en su estructura, principalmente en lo que se refiere al proceso de sustitución de combustóleo por gas natural, proceso que se revierte a partir de 1984 hasta 1989 para finalmente, sustituir nuevamente el combustóleo por gas natural en los últimos 3 años.

El efecto de sustitución de gas natural por combustóleo hasta 1983, y el proceso inverso durante la segunda parte del período son consecuencia de la orientación de la política energética que favoreció en un principio el consumo de gas natural dadas las falsas expectativas acerca de la abundancia de este energético,⁴ dicha política y su retracción se manifiestan claramente al observar los precios de ambos energéticos y su relación.

En los primeros años la relación de precios del combustóleo y el gas natural era muy cercana a la unidad, (salvo en el período 74-76), es decir, el diferencial entre los precios resultaba poco significativo, hecho que fortaleció el consumo de gas dadas sus características naturales (pureza, menor grado de contaminación, etc.), sin embargo, particularmente a partir de 1981 el diferencial se acentúa notablemente, y finalmente los últimos tres años la

relación vuelve a ser cercana a la unidad fortaleciendo el consumo de gas.

CUADRO 1.

CONSUMO FINAL ENERGÉTICO DEL SECTOR INDUSTRIAL (Petacaorías)									
AÑOS	BAGAZO DE CAÑA	COQUE	GAS LICUADO	KERO-SINAS	DIESEL	COMBUS-TOLEO	GAS NATURAL	ELECTRI-CIDAD	TOTAL
1965	10.666	5.967	0.701	1.676	3.552	23.371	33.445	6.400	85.778
1966	11.348	7.182	0.742	1.707	3.877	26.018	37.762	7.112	94.748
1967	12.273	8.206	0.760	1.695	4.152	25.926	41.605	7.993	102.610
1968	11.823	9.619	0.809	1.702	4.610	24.513	46.125	8.992	108.193
1969	12.782	11.299	0.850	1.663	4.842	25.067	53.520	10.497	120.530
1970	12.190	10.838	0.972	1.642	5.495	23.819	59.004	11.938	125.898
1971	12.165	11.214	1.006	1.595	5.599	23.591	61.607	12.878	129.655
1972	11.847	12.412	1.090	1.639	6.212	27.898	64.785	14.358	140.241
1973	13.252	14.276	1.196	1.621	6.690	25.596	72.540	15.560	150.731
1974	13.713	14.713	1.161	1.728	7.258	35.164	73.210	16.262	163.209
1975	12.885	14.386	1.441	1.865	7.543	43.886	75.551	17.541	175.098
1976	12.357	15.557	1.524	1.906	7.862	53.393	75.811	19.313	187.723
1977	12.632	16.746	1.516	2.021	8.133	46.720	79.388	20.932	188.068
1978	14.979	17.635	1.631	2.051	8.804	53.310	95.131	22.837	216.378
1979	16.000	17.828	1.710	2.051	9.610	49.794	110.578	24.882	232.453
1980	15.418	16.307	2.158	1.916	10.494	45.856	119.355	25.978	237.480
1981	14.169	17.320	2.229	2.130	11.237	50.565	135.030	28.426	261.106
1982	15.103	16.403	2.757	1.758	9.155	49.202	150.373	29.789	274.520
1983	16.077	20.449	3.569	1.334	8.202	50.460	161.264	30.632	291.987
1984	18.388	19.731	3.638	1.030	13.151	52.376	138.187	33.386	279.887
1985	17.606	20.486	3.772	0.908	13.500	62.813	138.228	35.342	292.655
1986	19.282	16.317	3.722	1.136	10.728	60.270	116.304	36.323	264.082
1987	20.802	17.478	3.377	0.872	9.816	69.359	123.267	39.198	284.169
1988	18.789	13.581	3.471	0.676	9.700	65.235	117.809	41.477	268.838
1989	18.409	16.748	3.624	0.783	10.117	72.001	108.648	44.580	274.910
1990	17.391	16.150	3.810	0.615	10.769	74.947	122.829	45.929	292.440
1991	19.047	14.293	4.030	0.488	12.241	68.284	134.224	44.877	297.484

FUENTE: Balance Nacional de Energía 1965 - 1991.

CUADRO 2.

CONSUMO PROMEDIO ENERGÉTICO DEL SECTOR INDUSTRIAL
(Estructura Porcentual)

AÑOS	BAGAJO DE CAÑA	COQUE	GAS LICUADO	KERO-SINAS	DIESEL	COMBUS-TOLEO	GAS NATURAL	ELECTRI-CIDAD	TOTAL
1965	12.4	7.0	0.8	2.0	4.1	27.2	39.0	7.5	100%
1966	12.0	7.6	0.8	1.8	4.1	26.4	39.9	7.5	100%
1967	12.0	8.0	0.7	1.7	4.0	25.3	40.5	7.8	100%
1968	10.9	8.9	0.7	1.6	4.3	22.7	42.6	8.3	100%
1969	10.6	9.4	0.7	1.4	4.0	20.8	44.4	8.7	100%
1970	9.7	8.6	0.8	1.3	4.4	18.9	46.9	9.5	100%
1971	9.4	8.6	0.8	1.2	4.3	18.2	47.5	9.9	100%
1972	8.4	8.9	0.8	1.2	4.4	19.9	46.2	10.2	100%
1973	8.8	9.5	0.8	1.1	4.4	17.0	48.1	10.3	100%
1974	8.4	9.0	0.7	1.1	4.4	21.5	44.9	10.0	100%
1975	7.4	8.2	0.8	1.1	4.3	25.1	43.1	10.0	100%
1976	6.6	8.3	0.8	1.0	4.2	28.4	40.4	10.3	100%
1977	6.7	8.9	0.8	1.1	4.3	24.8	42.2	11.1	100%
1978	6.9	8.2	0.8	0.9	4.1	24.6	44.0	10.6	100%
1979	6.9	7.7	0.7	0.9	4.1	21.4	47.6	10.7	100%
1980	6.5	6.9	0.9	0.8	4.4	19.3	50.3	10.9	100%
1981	5.4	6.6	0.9	0.8	4.3	19.4	51.7	10.9	100%
1982	5.5	6.0	1.0	0.6	3.3	17.9	54.8	10.8	100%
1983	5.5	7.0	1.2	0.5	2.8	17.3	55.2	10.5	100%
1984	6.6	7.0	1.3	0.4	4.7	18.7	49.4	11.9	100%
1985	6.0	7.0	1.3	0.3	4.6	21.5	47.2	12.1	100%
1986	7.3	6.2	1.4	0.4	4.1	22.8	44.0	13.8	100%
1987	7.3	6.2	1.2	0.3	3.5	24.4	43.4	13.8	100%
1988	7.0	5.1	1.3	0.3	3.6	23.5	43.9	15.4	100%
1989	6.7	6.1	1.3	0.3	3.7	26.2	39.5	16.2	100%
1990	5.9	5.5	1.3	0.2	3.7	25.6	42.0	15.7	100%
1991	6.4	4.8	1.4	0.2	4.1	23.0	45.1	15.1	100%

Otro aspecto que se manifiesta en el cuadro 2 se refiere al incremento de la participación de la electricidad en el consumo del sector, pues pasa de representar el 7.5% en 1965 a 15.1% en 1991, lo cual obedece principalmente a la mayor electrificación de los procesos productivos que viene implícita en las tecnologías adquiridas. Por ejemplo, la industria siderúrgica ha fortalecido la producción de acero, mediante el proceso de horno eléctrico de arco, incrementando así el consumo de electricidad en esta rama.

I.2.4 Eficiencia del consumo energético industrial

El comportamiento del sector industrial después de haber alcanzado altas tasas de crecimiento del PIB en el período 1966-79 (incluso por arriba del 9% anual), a partir de 1980 empieza a registrar altibajos, mismos que tienen su explicación en la crisis económica por la que atravesó el país entre 1982 y 1988.

En el cuadro 3 se puede observar la estrecha relación mantenida entre el crecimiento económico industrial y el del consumo de energía de la propia industria en particular. Mientras que el Producto Interno Bruto industrial alcanzó una tasa media de crecimiento anual (TMCA) de 4.7% en el período 1965-91, el consumo final energético del sector industrial creció 4.9%, logrando así que la intensidad energética se mantuviera por debajo de los 200 kilocalorías por peso producido, con una TMCA de 0.16% en esos años.

Este crecimiento no ha sido homogéneo a lo largo del último cuarto de siglo. En el período 1982-87 la TMCA del PIB Industrial decreció a el -0.71%, en tanto que el consumo energético de la industria aumentó 0.69%. A partir de 1988 el PIB logra una recuperación, alcanzando una TMCA de 6.8%, en tanto el consumo energético industrial registró una tasa negativa de (3.2%).

El menor crecimiento del consumo frente al ingreso se traduce en la disminución de la intensidad energética en los últimos tres años, al ubicarse en un rango de 197.66 a 179.29 kilocalorías por peso producido, mientras que en años anteriores se había ubicado en un rango superior, de hasta 236.01 Kcal/\$ producido.

I.2.5 Determinantes del consumo energético industrial

Hasta aquí los elementos propuestos para el análisis del consumo de energía industrial y su vinculación con el crecimiento económico toman como referencia la información agregada de dicho sector, sin embargo, la elaboración de un diagnóstico completo que detalle las causas del comportamiento del consumo requiere llevar el análisis a la composición interna del consumo energético industrial.

CUADRO 3

INDICADORES DEL SECTOR INDUSTRIAL
 (Miles de Millones de pesos de 1980)
 (Pataconías)

AÑO	INDUSTRIA					NACIONAL				
	PIE **	CONSUMO	I.E. **	% PIE	% CONSUMO	PIE	CONSUMO	I.E. **	% PIE	% CONSUMO
1965	498.752	85.778	171.99	---	---	1,729.324	364.846	210.98	---	---
1966	541.216	94.748	175.07	8.51	10.46	1,834.746	393.483	214.46	6.10	7.85
1967	579.489	102.610	177.07	7.07	8.30	1,942.109	402.697	207.34	5.85	2.34
1968	623.653	108.193	173.48	7.62	5.44	2,125.185	434.387	204.40	9.42	7.87
1969	670.828	120.520	179.66	7.56	11.39	2,197.837	485.664	220.97	3.42	11.80
1970	714.756	125.898	176.14	6.55	4.46	2,240.750	491.256	209.87	6.50	1.15
1971	722.627	129.655	179.42	1.10	2.98	2,428.821	509.874	209.93	3.70	3.79
1972	789.283	140.241	177.68	3.22	8.16	2,628.684	566.352	215.45	8.23	11.08
1973	868.574	150.731	173.54	10.05	7.49	2,835.328	624.973	220.42	7.80	10.35
1974	917.246	163.209	177.93	5.60	8.28	2,999.120	659.373	219.86	5.78	5.50
1975	955.231	175.098	183.30	4.14	7.28	3,171.400	690.181	217.63	5.74	4.87
1976	996.458	187.723	188.01	4.53	7.21	3,311.499	732.192	221.11	4.42	6.09
1977	1,007.129	188.008	186.74	0.87	0.18	3,423.780	783.862	228.95	3.39	7.06
1978	1,108.937	216.378	195.12	10.11	15.05	3,730.446	874.152	234.33	8.96	11.52
1979	1,226.205	232.453	189.57	10.57	7.43	4,092.230	966.644	236.21	9.70	10.58
1980	1,319.066	237.480	180.45	7.33	2.75	4,470.081	1,074.613	240.40	9.23	11.17
1981	1,425.644	261.106	183.15	8.33	9.95	4,862.219	1,147.539	235.01	8.77	6.79
1982	1,374.324	274.520	199.75	-3.60	5.14	4,831.690	1,232.762	255.15	-0.63	7.43
1983	1,237.159	291.987	236.01	-9.98	6.36	4,678.940	1,165.547	251.80	-4.20	-5.45
1984	1,298.747	279.887	215.51	4.98	-4.14	4,796.050	1,184.279	248.93	3.61	1.61
1985	1,367.960	292.655	213.94	5.33	4.58	4,920.430	1,210.137	245.94	2.56	2.18
1986	1,280.650	264.082	206.21	-6.38	-9.76	4,732.150	1,184.931	250.40	-3.83	-2.08
1987	1,326.313	284.109	214.25	3.57	7.61	4,819.574	1,233.153	255.86	1.85	4.07
1988	1,360.094	268.838	197.68	2.55	-5.40	4,880.156	1,250.172	256.17	1.26	1.38
1989	1,439.134	274.910	191.02	5.81	2.26	5,040.873	1,324.407	262.73	3.29	5.94
1990	1,524.823	292.440	191.79	5.95	6.38	5,267.213	1,325.930	251.73	4.49	0.11
1991	1,659.188	297.484	179.29	8.81	1.72	5,449.173	1,361.319	249.82	3.45	2.67

FUENTE: Balances Nacionales de Energía 1965 - 1990 y Sistema de Cuentas Nacionales. IHEGI.

CUADRO 4.

CONSUMO DE ENERGIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL 1991
 (Pataconías)

SECTOR	MODULO BASE													
	Consumo	G.L.P.	Diesel	Combustibles	Resto de gases	Gas natural	Subtotal	Electricidad	TOTAL	PIE (10^9 T.P.)	I.E. Total	I.E. combustibles	I.E. electricidad	
Química 2/		0.166	0.760	11.175		19.651	31.752	5.766	37.538	180.299	208.20	176.11	32.09	
Minería	1.281	0.038	1.058	1.113		4.952	8.442	3.943	12.395	188.233	65.80	44.85	20.95	
Automóvil		0.175	0.072	---		0.521	0.768	0.695	1.484	116.536	12.56	6.59	5.97	
Manufacturas 3/	0.220	3.34E	10.439	11.747		24.343	59.592	23.931	83.523	709.912	117.65	83.94	33.71	
										4/				
Cemento			---	19.895		2.372	22.257	2.792	25.059	25.822	970.45	852.33	108.12	
Petroquímica (papas)				2.423		46.95	49.374	---	49.374	18.001	2,742.85	2,742.85	n.s.	
Papel		0.079	0.235	6.198		4.745	11.247	1.963	13.216	2.836	4,563.54	3,883.63	679.90	
Ardor			0.014	10.036	19.047			29.097	0.054	28.161	3.653	7,960.96	7,943.49	17.47
Siderurgia	12.792	0.224	0.151	6.202		20.688	40.088	5.696	46.784	7.893	5,805.40	5,062.64	722.57	

* Miles de toneladas.

1/ Incluye gasóleo industrial y kerosenas.

2/ Incluye fertilizantes y hule.

3/ Incluye wagn, aguas calientes, cerámica, construcción, aluminio, latón y otras.

4/ Se refiere a producción física (miles de toneladas)

Un análisis de este tipo posee necesariamente un carácter interdisciplinario, en virtud de que el nivel de eficiencia del consumo energético en los procesos productivos se define en función del nivel de obsolescencia y avance tecnológico de cada rama industrial, al interior de las cuales también existen diferencias tanto en el uso como en los componentes técnicos de los procesos,⁵ esto implica una evaluación de los usos de la energía no solamente en términos de energía útil con el fin de evaluar el rendimiento de los procesos productivos en cada una de sus fases explorando las posibilidades para su optimización e incluso las de sustitución.

El patrón de consumo energético industrial viene determinado principalmente por el avance en el proceso de industrialización, y por consiguiente por el grado de complejidad tecnológica asociado a este proceso, en consecuencia, países en vías de desarrollo como México, presentan un comportamiento del consumo energético diferente en relación con los países altamente industrializados, hecho que puede traducirse en un consumo más alto por unidad de producto⁶ para los primeros.

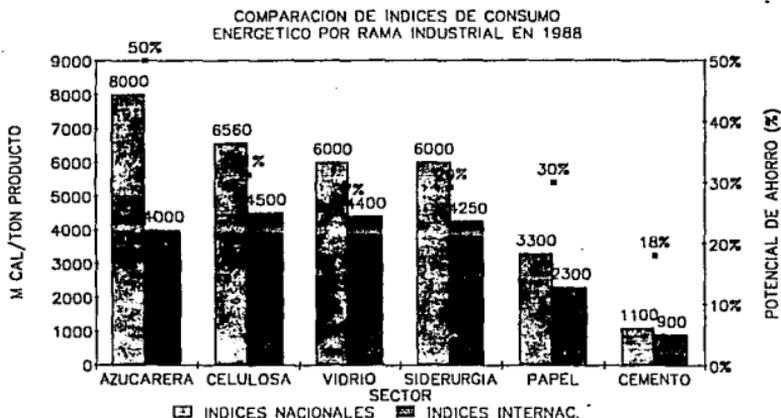
Sin embargo, esta apreciación no debe conducir necesariamente a la conclusión de que se derrocha energía (a pesar de que en los hechos exista), más bien, como se ha dicho en el nivel de desarrollo industrial alcanzado y su impacto sobre otros factores económicos y sociales los que caracterizan la estructura del patrón de consumo energético; al respecto Alonso Concheiro afirma: "Mientras que los países industrializados están transformándose en sociedades postindustriales, poniendo cada vez más énfasis en las industrias de la información y el conocimiento, México sigue apenas profundizando sus procesos de industrialización, reduciendo la importancia relativa del sector primario e incrementando la del sector manufacturero. Adicionalmente, mientras los países industrializados pasaron ya por una transición demográfica que ha prácticamente estabilizado su población total, los países en desarrollo siguen teniendo tasas de crecimiento demográfico elevadas. Aún más, estos últimos han vivido en los últimos 30 años un acelerado proceso de urbanización por lo que los primeros pasaron hace más de 50 años."⁷

En el cuadro 4 se muestran algunos indicadores referentes al consumo energético de las principales ramas industriales clasificados en dos grandes módulos:

- a) Módulo de Base, que incluye aquellas ramas que se caracterizan por su heterogeneidad en sus procesos de producción y donde el cálculo, de la intensidad energética es a partir del valor agregado ó PIB; y,
- b) Módulo IGCE (Industrias grandes consumidoras de energía) cuya producción se realiza sobre la base de uno o dos procesos y la intensidad energética se calcula a partir de la producción física.

Se precia que un poco más de la mitad del consumo industrial se concentra en las ramas del Módulo IGCE, hecho que facilita en buena medida los esfuerzos encaminados a lograr un ahorro y un uso más eficiente de la energía. Asimismo, se observa que la producción de la mayor parte de las industrias se orienta hacia la elaboración de insumos de amplia difusión cuyos efectos multiplicadores -por ejemplo en la estructura de costos- en otras industrias es considerable.

Por otra parte, diversos estudios⁸ señalan la existencia de un fuerte potencial de ahorro energético en estas industrias derivado de la comparación de las intensidades energéticas (relación energía/producción) de las ramas industriales mexicanas con respecto a las observadas a nivel internacional y que por supuesto resultan más eficientes.



La presencia de un fuerte potencial de ahorro energético en los principales consumidores industriales, implica tomar en consideración un programa de ahorro, uso eficiente y racional de la energía como una parte sustancial de la política energética, no sólo por el efecto cuantitativo que genera un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos nacionales; sino también por la importancia decisiva que puede cobrar este aspecto en el proceso de desarrollo económico.

I.2.6 Ventajas comparativas y consumo energético

A partir de la crisis de 1982, se propone una estrategia de cambio estructural para la economía mexicana en donde la magnitud del ajuste y los mecanismos de salida de la crisis económica no implican un reordenamiento formal del funcionamiento del sistema económico, más bien, se trata de una transformación de las formas de producción y de participación del mercado mundial, cuyas características principales radican en la necesidad de incrementar la productividad y en corregir las desproporcionalidades de la estructura económica. Como estrategia en la economía mexicana se propone incrementar el peso relativo de las exportaciones no petroleras en la composición del Producto Nacional.

De manera general, este modelo de crecimiento privilegia el papel de los factores de la producción por el lado de la estructura de costos, tratando de minimizarlos a fin de competir en el mercado internacional, a diferencia del esquema tradicional, en donde el nivel de demanda agregada resulta ser la variable clave para el dinamismo del mercado interno hacia el cual está destinada la producción.

No se pretende afirmar aquí que en la estrategia de crecimiento futuro las exportaciones adquieran el papel de motor básico del crecimiento económico, lo que sí resulta claro, es que las exportaciones no petroleras, particularmente las manufactureras han dinamizado en buena medida su ritmo de crecimiento y su contribución al producto, y se pretende que consoliden esta tendencia.

Una política de ahorro, uso eficiente, y racional de energía se presenta como complementaria a la estrategia de crecimiento señalada; en la medida que de aprovecharse el gran potencial de ahorro energético de estas industrias, las repercusiones pueden ser bastante favorables si se considera la alta ponderación que tienen los energéticos en la estructura de costos de las industrias grandes consumidoras. Asimismo, como lo hemos señalado, dada la naturaleza de la producción como insumo de alta difusión de las mismas, el efecto tendiente a reducir los costos por la vía de un mejor aprovechamiento de la energía puede multiplicarse al resto del sector industrial.

Ahora bien, el aprovechamiento de este potencial de ahorro requiere de una visión clara de las causas que le dan origen así como una estrategia definida orientada para este fin, en este sentido, es prudente preguntarse acerca de la viabilidad técnica y económica que requiere una estrategia de este tipo.

El cálculo del potencial de ahorro para las distintas industrias se realiza sobre la base de comparar el consumo específico de cada industria mexicana con respecto al promedio internacional, lo que supone cierta homogeneidad tecnológica en las condiciones de consumo energético, lo cual no necesariamente es

exacto, no obstante representa un punto de referencia para medir la eficiencia del consumo.

Cabe hacer dos apreciaciones importantes, en primer lugar, el consumo específico de energía representa un promedio para cada rama industrial, al interior de la cual existe cierta heterogeneidad en términos de eficiencia y racionalidad en el consumo, dependiendo del tipo de proceso, grado de obsolescencia del equipo, nivel de aprovechamiento de la capacidad instalada, competitividad de los mercados, etc. En segundo lugar, este hecho nos obliga a considerar que a medida que una planta industrial se acerca al punto óptimo de eficiencia energética, el logro de este objetivo representa un mayor costo, de tal suerte que el aprovechamiento del potencial de ahorro energético puede implicar medidas que van desde el mantenimiento correctivo de las plantas hasta la modificación total de los procesos, en todo caso, lo que se pretende señalar es el estrecho vínculo que existe en la política energética y sus repercusiones en el crecimiento económico.

Dado el carácter de mercado de la economía mexicana, el Estado no está en posibilidades de imponer un patrón de consumo energético, sin embargo, puede orientarlo, para ello cuenta con el control de la producción de las industrias energéticas nacionales (PEMEX y CFE), que combinado con una política fiscal adecuada (precios, incentivos fiscales al mejor aprovechamiento de los recursos, etc.), pueden influir significativamente en las características del patrón de consumo energético industrial, como ha quedado claro en el caso de la sustitución del combustóleo por el gas natural.

Una estrategia de política energética que logre abatir las pérdidas e ineficiencia del consumo de energía tiene alcances que rebasan por mucho los objetivos que se definan con base en el análisis de costo/beneficio, si se considera que a pesar de las reservas de hidrocarburos que existen México, las posibilidades de sustitución por fuentes alternas son aún lejanas incluso en el largo plazo para una economía como la nuestra, que como se ha visto puede caracterizarse como una economía petrolizada, no sólo por el papel estratégico de las exportaciones de petróleo en el financiamiento del desarrollo, sino también la importancia de este en el patrón de consumo energético nacional.

I.3 DESCRIPCION DEL SECTOR INDUSTRIAL EN MEXICO

El sistema industrial en México de acuerdo al censo económico, está compuesto por 1'300,009 establecimientos, de los cuales, 1'249,000 son clasificados como micro-empresas, las cuales no tienen arriba de 15 empleados. Adicionalmente existen 42 mil empresas que se clasifican como pequeñas y las cuales tienen entre 16 y 100 trabajadores y 4 mil empresas medianas con un volumen de trabajadores de 101 a 250 empleados; quedando 5 mil empresas que pueden considerarse grandes, desde un punto de vista de indicadores económicos. De estas 5 mil empresas, desde un punto de vista de consumo energético, solamente interesan 400, en las cuales es

relevante la implantación de programas de mejoramiento ambiental, ahorro de energía y productividad a corto plazo y que pueden tener un impacto importante en la disminución del consumo de energía, sin pretender que el gran universo de la pequeña y mediana industria se descuide, pero que está enmarcado dentro de un programa prioritario del Gobierno Federal y con el cual hay que coordinarse adecuadamente.⁹

I.4 PROBLEMATICA DEL SECTOR INDUSTRIAL.

El sector industrial, básicamente la pequeña y mediana industria, tienen una serie de problemas técnico-financieros, que hacen que la problemática del uso eficiente de la energía pase a segundo nivel y entre los que destacan:

- No se han adaptado a la nueva tecnología existente en el mundo, se calcula que no más del 1.5% del sector, tiene capacidad para lograr un desarrollo tecnológico.
- Falta de programas de calidad total, en donde se le da la importancia al cliente y no solamente a los aspectos de producción y ventas.
- Baja eficiencia y productividad, debido a la alta protección que se le ha dado.
- Estructura financiera inadecuada, ya que tiene un grado alto de apalancamiento.
- Poca atención al recurso humano, capacidad casi nula, aspecto básico para la modernización.
- Inadecuada estructura de organización, la cual no permite la flexibilidad que las condiciones actuales imponen y que deben tener una visión de futuro.
- Poca atención a la exportación.

Cabe destacar que estos problemas se están atacando dentro del programa de desarrollo de la pequeña y mediana industria, que está llevando a cabo la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

I.5 MODERNIZACION TECNOLOGICA.

El proceso de modernización tecnológica en la industria presenta una gran complejidad, debida a los cuellos de botella que existen y que se pueden resumir en:

- Falta de créditos.
- Poca atención a los aspectos de educación, investigación y desarrollo tecnológico.

Actualmente las principales industrias se han percatado de la necesidad de adaptar tecnologías eficientes, que van acordes con la situación mundial, dando como resultado, importantes ahorros de energía.

La estrategia es acelerar la modernización de la planta productiva, estimándose que cerca del 80%, opera con tecnologías obsoletas.⁹

Este subdesarrollo tecnológico se refleja en la problemática que hemos comentado del sector industrial y que se traduce en altos consumos de energía por unidad de producción, estimándose que hay que actuar de inmediato, para que los resultados se reflejen en un período estimado de 8 a 12 años.

Los ahorros de energía en muchos procesos industriales son un subproducto de cambios realizados para mejorar la calidad, incrementar la productividad y disminuir la contaminación.

El reciclaje de productos constituye un campo de ahorro de energía de gran interés; el desarrollo tecnológico debe ir acompañado de una adecuada campaña de protección al medio ambiente. Se debe reforzar el aspecto educacional y la capacitación, con el objeto de maximizar la eficiencia energética.

La tecnología de eficiencia energética en el uso de derivados de petróleo ha propiciado significativos ahorros de costo, particularmente en el gas natural, por el uso avanzado del gas combustible en los procesos de manufactura, uso mejorado en los sistemas de quema controles y componentes, incorporación avanzada de materiales de alta temperatura, aplicación de tecnología avanzada, materiales de recuperación y reuso del desperdicio de energía.

La tecnología de eficiencia energética en la energía eléctrica es la clave de crecimiento y desarrollo, se han obtenido mejoras técnicas en el alumbrado, refrigeración, motores eléctricos, medicamentos, computación y robótica.

Las nuevas tecnologías han contribuido al uso eficiente de los recursos naturales; se puede mencionar que a nivel mundial el conocimiento de tecnologías de punta y el adelanto de la informática, han hecho que se disminuya la importancia de las materias primas, situación que es contraria a lo que acontece en los países en vías de desarrollo y en especial en América Latina, en donde la obsolescencia y la capacidad ociosa en la industria, han contribuido de manera importante al deterioro de la eficiencia energética.

La entrada de la tecnología y la creación de nuevos productos, han hecho que los países en vías de desarrollo pierdan competitividad, ya que su oferta es mano de obra barata y materias primas. Actualmente, la entrada de productos de bajo contenido

energético, marcan la línea de comercio internacional, al tener una productividad más alta, que permite reducir el uso de la energía.

I.6 POTENCIAL Y ESTRATEGIA A NIVEL NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGIA AL AÑO 2000

Estudios realizados sobre el ahorro de energía indican un potencial de ahorro a 1995 de 75 MMBPCE/año y para el año 2000, de 157 MMBPCE/año. Para obtener este potencial se toma como base el consumo nacional de energía primaria que en 1990 fue de 927 millones de barriles de petróleo crudo equivalente (MMBPCE) por año.¹⁰

Estos ahorros serán posibles si los sectores consumidores participan en un programa de ahorro de energía especialmente diseñado para cada sector y para cada consumidor particular.

Existen varias entidades ya organizadas para orientar a los sectores en la definición de metas y en la planeación de sus programas de ahorro de energía.

INVERSION DIFERIDA POR AHORRO INTERNO

AÑO	CAPACIDAD EVITADA	ABORRO EN INVERSION	ABORRO EN COMBUSTIBLE (MMBPCE)	ABORRO EN COMBUSTIBLE (Millones de US\$)
1995	409	613	5.8	104
2000	879	1,318	12.6	227
INVERSION DIFERIDA POR AHORRO EXTERNO (USUARIOS)				
1995	761	1,141	10.9	196

INVERSION DIFERIDA POR APLICACION DEL PROGRAMA DE COGENERACION

AÑO	CAPACIDAD EVITADA MW	ABORRO EN INVERSIONES (Millones US\$)
2000	2,600	3,900

Se presenta de manera general algunas de las acciones clave de los consumidores mayores de energía para conseguir estas metas.

I.6.1 Acciones necesarias para el ahorro de energía en CFE¹⁰

Generación:

- Incremento de eficiencia en centrales en operación (baja inversión).
- Mantenimiento predictivo (baja inversión).
- Modernización de centrales repowering (inversión media).

- Nuevas centrales de ciclo combinado y nuevas tecnologías más eficientes (inversión alta).
- Apoyar el desarrollo de cogeneradores.

Transmisión y distribución:

- Reducción de pérdidas.
- Reducción de la capacidad de alimentadores primarios.
- Reducción de la longitud de alimentadores secundarios.
- Incremento de transformadores de distribución y recalibración de conductores.
- Instalación de equipos de medición en el total de usuarios de baja tensión.

Usuarios:

- Implementar acciones para la administración de la demanda.
- Mejorar la calidad del servicio.
- Apoyar la normalización de aparatos y equipos eficientes.
- Apoyar la utilización eficiente de instalaciones de los usuarios.
- Integrar en todos los centros de trabajo comités de ahorro de energía.

I.6.2 Acciones necesarias para el ahorro de energía en PEMEX¹⁰

Exploración y producción:

- Incrementar el uso de ductos.

Refinación:

- Mejorar y complementar los sistemas de medición.
- Ampliación de los proyectos de cogeneración.
- Eficientar procesos de transformación.
- En nuevas unidades usar tecnologías de alta eficiencia energética.

Petroquímica:

- Mejorar en la eficiencia de los nuevos procesos.
- Implantación de proyectos de cogeneración.
- Mejorar sistemas de medición.

Generales:

- Instrumentar en todos los centros de trabajo programas integrales de mejoras continuas en ahorro de energía.
- Asegurar presupuesto para medidas de ahorro de energía de alta rentabilidad.

I.6.3 Acciones para lograr ahorro de energía con un programa de cogeneración a nivel nacional¹⁰

Acciones del gobierno:

- Incrementar la experiencia de la industria.
- Preparar especialistas mexicanos para estos desarrollos.
- Implementar mecanismos financieros adecuados con tasas bajas y plazos largos.
- Promover la cogeneración entre los industriales.
- Crear un centro de información especializado en la industria.
- Promover mejoras en la legislación vigente.
- Apoyar la implementación de incentivos.

Acciones de CFE:

- Establecer o concertar procedimientos o formulas para la compra de excedentes eléctricos y para el respaldo por CFE.

Acciones de PEMEX:

- Garantizar el suministro de gas natural a los cogeneradores.

I.6.4 Acciones necesarias para el ahorro de energía en el sector transporte¹⁰

Tecnológicas:

- Substitución de combustibles.
- Renovación del parque vehicular en la especialidad.
- Desarrollo tecnológico en transporte-energía.
- Incorporación de mejoras tecnológicas en equipos y sistemas disponibles.
- Substitución con nuevos tipos de transporte.

Financiamiento:

- Disponibilidad presupuestal.
- Obtención de créditos internacionales.
- Desarrollo de mecanismos de financiamiento a transportistas.

Educativas:

- Cultura orientada hacia el ahorro de energía.
- Programas educativos de formación de especialistas.
- Vinculación de organizaciones e institutos de investigación con empresas de transporte.

Promoción:

- Involucrar a los medios masivos de comunicación.
- Esfuerzo nacional de divulgación y difusión.

I.6.5 Acciones necesarias para el ahorro de energía en el sector industria a nivel nacional¹⁰

Tecnológicas:

- Facilitar a las empresas el tener acceso a todos los avances tecnológicos internacionales.
- Integrar programas sectoriales para generalizar soluciones de ahorro de energía encontradas en los proyectos de demostración. Soluciones típicas y facilitar diagnósticos y análisis.
- Estrategias de mejora continua en ahorro de energía en las empresas. Medición, registro y análisis de los procesos.
- Estructuración de sistemas de innovación tecnológica dentro de las empresas.
- Reforzar la infraestructura de centros de información y centros de investigación.
- Implementar metrología y normalización en equipos industriales.
- Reforzar firmas de ingeniería.

Financiamiento:

- Integrar los diversos programas financieros que ha puesto en operación la banca de desarrollo, para vincularlos con la industria, a través de la banca comercial y unidades auxiliares de crédito.
- Análisis de los mecanismos financieros existentes y explorar nuevos esquemas de apoyo a las inversiones en la pequeña y mediana industria.
- Promover la creación de Uniones de Crédito para el ahorro de energía.

Educativas:

- Formar personal especializado para la administración y control de la energía.
- Preparar a los mandos medios y superiores de la industria en ahorro de energía.
- Mayor apoyo para la formación de especialistas, así como para el desarrollo de directivos de las empresas de ingeniería y consultoría.

Promoción:

- Facilitar el establecimiento y fortalecer mecanismos de vinculación entre la industria y los recursos tecnológicos, educativos y financieros que le permitan detectar y aprovechar oportunidades rentables de ahorro de energía.
- Apoyar las acciones de promoción de ahorro de energía eléctrica que realiza la CFE a través del PAESE y con el apoyo del FIDE; así mismo de los programas y proyectos piloto desarrollados por la CONAE.

I.7 DEFINICION DE AHORRO DE ENERGIA, USO RACIONAL DE RECURSOS, USO EFICIENTE DE RECURSOS, CONSERVACION DE RECURSOS, Y ADMINISTRACION DE LA ENERGIA

Como parte de este capítulo introductorio se presenta de manera importante establecer una definición clara para cada uno de los conceptos relativos a la conservación de la energía. Aunque de alguna manera se han mencionado ya estos términos en los artículos anteriores, con el propósito de ir acercándose cada vez más a la forma de conceptualizar los términos de los empresarios se volverá a conjuntar el significado de cada frase. El objetivo de ello es el de lograr también una conciliación de creencias, evitar la existencia de malentendidos, así como el de establecer claramente los alcances de que puede tener cada idea limitándose a la concepción de la realización de unas cuantas acciones determinadas, como lo puede ser el *ahorro de energía*, o a todo un universo de actividades, actitudes y filosofía como los puede significar la disciplina de la *administración de la energía*.

Al revisar documentos, provenientes de diferentes organizaciones relacionados con mejoras en el uso de la energía, es común encontrar un mismo término para indicar diferentes ideas o, también, diferentes términos para indicar una misma idea.

"Aunque el término de *Uso racional* es suficientemente claro, se ha visto que con frecuencia es interpretado en dos formas equívocas: la primera de ellas dándole la connotación exclusiva de *ahorro*, que en el mejor de los casos se toma en su acepción de *sacrificio de satisfacción de tener un buen presente para obtener una mayor satisfacción en el futuro*; y la segunda de ellas en el sentido de *restricción o racionamiento*, provocados sin duda por su similitud fonética.

Por lo tanto, es necesario mencionar que lo que se pretende es un mejor uso de la energía evitando, desde luego, sus pérdidas y desperdicios; pero sobre todo buscando sea empleada en forma segura y provechosa para el país."¹¹

"De acuerdo con la definición de la Conferencia Mundial de la Energía el término *Conservación de la energía* se emplea para designar todas las acciones tendientes a lograr el uso más eficaz de los recursos energéticos finitos; estas acciones incluyen la racionalización del uso de la energía mediante la eliminación de los actuales despilfarros y el aumento de la eficiencia en el uso de la energía gracias a la reducción del consumo energético específico, sin sacrificar la calidad de la vida humana y utilizando para ello todas las posibilidades, incluso la substitución de una forma de energía por otra."¹²

En un esfuerzo de unificar los términos para que pudiesen ser completamente comprensibles dentro del ambiente y vocabulario de los industriales, a quienes se quiere ir enfocando nuestra atención se presentan los siguientes definiciones a partir de las proposiciones encontradas en varias fuentes literarias.

- *Ahorro de energía*. Evitar el uso de algún energético por medio de acciones y medidas que pueden ir desde la limitación

o la restricción del consumo normal llevado a cabo en equipos y sistemas consumidores, hasta por la implementación de dispositivos o sustitución de equipos que los consuman en menor grado. (Visto de esta manera puede significar implícitamente el evitar desperdicios e ineficiencias, aunque el ahorrar energía puede llevarse a cabo restringiendo consumidores sin corregir ineficiencias o evitar desperdicios).

- **Uso racional de recursos.** Evitar desperdicios, mediante la reducción (o mejor eliminación) de pérdidas de los recursos (eliminación de fugas de fluidos, empleo de aislamiento, corrección de bajo factor de potencia, aprovechamiento de la iluminación natural, recirculación de fluidos para su reuso y evitar sus pérdidas).
- **Uso eficiente de recursos.** Reducir el consumo específico de cada recurso (unidad de recurso/unidad de producto terminado), mediante dos medidas:
 - * Recuperación de la energía o de consumibles desperdiciados para utilizarlos en otras etapas del proceso, u otros procesos (cogeneración, recuperación del calor contenido en purgas de calderas, gases de escape o, también, aprovechar el calor de las reacciones exotérmicas para aumentar la temperatura de otros fluidos, tratamiento para reuso de efluentes, etcétera).
 - * Empleo de nuevas tecnologías, nuevos equipos o nuevos procesos industriales de menor consumo de energía, o de recursos consumibles.
- **Conservación de recursos.** Las acciones combinadas de los tres conceptos anteriores.
- **Administración de la energía.** Este término puede definirse como todos aquellos medios y acciones que se encaminan a planificar, organizar, integrar y controlar los diferentes recursos energéticos que se emplean dentro de los procesos y unidades que conforman su estructura productiva.

En una concepción moderna, la *administración de la energía* se comprende como toda una disciplina en interrelación con todos los demás departamentos de la empresa: producción, mantenimiento y administrativo. El interés principal del equipo de administración energética de una empresa es el de la conservación de energéticos, sin embargo, por la tendencia del desarrollo de *calidad total*, su finalidad se extenderá a la integración de los restantes recursos consumibles de la empresa.

Conforme al desarrollo y grado de evolución del programa global de administración de la energía y los consumibles, este proceso debe ubicarse dentro de un estadio o etapa, el

cual podría estar dentro de una estrategia como la que ha llevado a cabo, por ejemplo, la empresa Celanese Mexicana desde el año de 1972 y que ha comprendido cuatro etapas:¹¹

- 1a. Eliminación de desperdicios
- 2a. Alcance de las condiciones de diseño
- 3a. Optimización de los procesos
- 4a. Modernización de los sistemas de producción.

Con una concepción definida de esta manera dentro de la administración energética quedan incluidos ya todos los anteriores conceptos de ahorro de energía, y conservación de los recursos.

En una empresa, cualquiera que sea su nivel productivo o rama específica de producción, la administración de la energía representa una parte fundamental de sus desarrollos. Solo dependería de las dimensiones y cantidad de consumibles y energéticos el alcance de la aplicación de estos conceptos. El cómo hacerlo, es decir, la administración energética al través de un programa de conservación de recursos es el tema principal del siguiente capítulo.

I.8 RESUMEN DE LOS BENEFICIOS DEL PROGRAMA DE CONSERVACION DE LA ENERGIA POR LA ADMINISTRACION ENERGETICA, ASI COMO POR LA COGENERACION EN LA INDUSTRIA

La conservación de la energía en las industrias debe considerarse como un proceso de modernización productiva, donde el uso racional de la energía, impliquen mejoras y ajustes en los sistemas administrativos, operacionales y productivos dentro de un enfoque integral de calidad total, productividad y costos competentes de producción.

Sin embargo la aplicación de un programa de conservación de energéticos de una manera total y exitosa puede pasar por un proceso difícil sobre todo en su iniciación.

Ya se ha mencionado la problemática de la industria y su afectación en la aplicación de medidas de conservación de la energía. En especial para las pequeñas y medianas empresas se tiene además otro obstáculo para la implantación de programas de ahorro de energía, y en general, para la aplicación de ideas nuevas que aunque tiendan al mejoramiento de la empresa requieren de cambios tanto en la mentalidad de la administración, como en el de la fuerza de trabajo en las bases. La historia de la pequeña y mediana empresa es similar en todos los países del mundo: empieza como una empresa familiar con todas las ventajas y restricciones que esto representa. Se guía por la tradición y las costumbres adquiridas de una generación a otra y en muchos casos protegida excesivamente por el gobierno. La inercia u oposición al cambio de procedimientos, actitudes e ideas nuevas puede resultar en ocasiones el factor más

obstaculizante para arrancar un programa de ahorro de energía promovido interna o externamente.

En un afán de motivar hacia el interés de la conservación de la energía y los recursos en las empresas, contra prejuicios o desconocimiento, o por causas como las mencionadas en el párrafo anterior, se tratará de resumir las principales ventajas y beneficios que puede producir una administración energética correctamente implantada.

I.8.1 Beneficios de la conservación de la energía y los consumibles

Con respecto a las industrias:

- Reducción de costos de fabricación.
- Mejoramiento de los niveles de productividad global.
- Apoyo y promoción para introducir cambios en la industria en cuanto a calidad total, infraestructura tecnológica.
- Fortalecimiento de la competitividad de la planta productiva.
- Mejoramiento en el mantenimiento.
- Una mayor eficiencia en el uso de equipos.
- Un mejor control de la producción y de los energéticos cuando se determine la relación kilo a kilo (de energía a producto).
- Protección o menor deterioro del medio ambiente.
- Menores problemas relativos a la adquisición del suministro de combustibles por los distribuidores.
- Un mayor prestigio entre las demás empresas agremiadas, y en general, ante la opinión pública por ser una empresa consciente del futuro ambiental y energético.

Con respecto al sector energético:

- Disminución de la demanda de energéticos que repercutan en la inversión de CFE y PEMEX.

I.8.2 Beneficios de la cogeneración

La implantación de un sistema de cogeneración en una empresa en el fondo debe ser parte de un programa global de administración energética de la empresa. Forma parte de hecho de las medidas que más inversión requieren, pero de las que más beneficios económicos proveerán. Su implementación en las empresas proporcionará beneficios adicionales de desarrollo tecnológico en otras empresas alrededor de la cogeneración, además de beneficios al sector energético:

A nivel de cada industria:

- Reducción del costo energético en la industria con el consecuente aumento de productividad.
- Evitar pérdidas de producción ocasionadas por fallas en el suministro de la red municipal.
- Producirá un beneficio económico extra que puede ser muy importante y rentable para aquellas industrias que produzcan excedentes de energía eléctrica que puedan vender a la red. Ello dependiendo de la normalización que se llevará a cabo durante 1993.
- La cogeneración también abre las posibilidades de la venta de excedentes de energía térmica u otros fluidos producidos derivados como vapor o aire comprimido a empresas adyacentes a la que cuente con cogeneración, y que pueda comprárselos.
- Posibilidades de expansión industrial en las empresas donde sea difícil el suministro de energía de la red municipal, ya sea por su situación geográfica o por falta de disponibilidad de CFE.

A nivel empresarial con giros alrededor de la cogeneración:

- Permitirá el desarrollo de una nueva industria de fabricación de partes, componentes y servicios de mantenimiento y reparación.
- Propiciará un mayor desarrollo tecnológico y abrirá un campo nuevo a las firmas de ingeniería y consultoría.
- Creará nuevas empresas promotoras y operadoras de sistemas de cogeneración.
- Desarrollará nuevos esquemas y servicios financieros.

Con respecto al sector energético de la Nación:

- Posponer o sustituir inversiones en CFE del orden de 3000 a 6000 millones de dolares en los próximos 15 años.
- Ahorro de combustibles de 160 a 340 millones de barriles y de su consecuente gasto.
- Reducción de pérdidas de transformación y distribución de energía eléctrica del orden de 500 a 1700 GWH anuales.
- Reducción de emisiones contaminantes en plantas eléctricas convencionales (gases y partículas), así como de lo que hubiera producido por el exceso de extracción, transportación y refinamiento del combustible para la generación convencional.

- Mayor impulso de la industrialización y crecimiento económico en zonas alejadas de las redes de distribución de alta tensión.

1.9 RESUMEN DE LOS CRITERIOS TECNICOS, ECONOMICOS Y ADMINISTRATIVOS DETERMINANTES PARA LA IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE CONSERVACION DE LA ENERGIA

Previo al capítulo siguiente donde se definirán los conceptos completos de una administración energética y con la intención de redondear este capítulo introductorio de los conceptos y fundamentos de la conservación energética, se presenta a continuación brevemente un adelanto de los criterios técnicos, económicos y administrativos que determinan la implementación de una administración energética y sus herramientas.

El presentar claramente los beneficios y necesidades que presenta la implementación de una administración energética en una empresa que no contaba con tal no es suficiente para motivar y echarla a andar. Deben presentarse una serie de requisitos que son necesarios para poder iniciar con éxito el programa de conservación energética que se pretende. Esto es muy importante de tomar en cuenta porque puede determinar que se siga o continúe con la credibilidad de estas herramientas o se vuelvan a rechazar en los tiempos siguientes. Hay que formar las bases suficientes para luchar con fundamentos y razones contra las tendencias de rechazo e incomprensión ocasionadas por la falta de conocimiento y de oposición al cambio que existen. Si no se analiza detalladamente los fundamentos que hagan posible la introducción de una administración de este tipo, y se fracasa al primer intento, en adelante será muy difícil volver a intentar echar a andar estas herramientas porque su credibilidad y sensación de confiabilidad será muy baja. Las empresas desean tomar el menor número de riesgos posibles donde involucren recursos económicos y humanos que les son necesarios. Y las situaciones nuevas presentarán menos oportunidades de aceptación de las que son riesgosas pero que son conocidas ya.

Quien vaya a presentar las ideas de una administración energética ya sea proveniente interna o externamente a la empresa debe aplicar previamente antes de hacer su proposición ante la alta administración de la empresa, una serie de criterios para definir la posibilidad y el alcance que pueda tener el aplicar las herramientas de esta administración. El criterio determinante es la rentabilidad real de cada una de las medidas de ahorro, resuelto por el análisis de sus indicadores económicos obtenidos al aplicar la ingeniería financiera correspondiente.

Los técnicos energéticos frecuentemente creen que los políticos de inversión dentro de una organización a lo sumo tienen una vaga idea de qué es lo que está sucediendo a su alrededor. Aunque es posible que éste pudiera ser el caso, ya que ellos no están obligados a mantener un cuadro completo sobre todos y cada uno de

los aspectos de los negocios que se están administrando, lo cierto es que los administradores depositan su confianza en los primeros para documentar suficientemente la evaluación completa de un proyecto de ahorro energético, pero frecuentemente las propuestas son rechazadas por la sencilla razón de ser inapropiadamente presentadas.

En resumen, los planteamientos para un proyecto de ahorro energético son muy importantes y deberían estar fundamentados sobre una propuesta bien cimentada: primero, debe describirse técnicamente en forma general las características y alcances del programa de administración energética; segundo, expresar las implicaciones gerenciales; tercero, las fuentes de financiamiento y la razón para el esquema; cuarto, un plan de trabajo; quinto, el nivel de recursos requerido para comenzar el programa (equipo, mano de obra, capital, etc) y, más importante aún; sexta, una predicción de los probables ahorros en costos, además del programa correlacionando tiempos, actividades y montos totales de inversión aproximados.

Este es un proceso que no solamente se presentará una sola vez sino en varias ocasiones cuando se hayan desarrollado los estudios técnico-económicos de nuevas medidas que vayan resultando conforme se desarrolle y evolucione el programa de ahorro de energía.

Se requiere habilidad en la preparación de la propuesta que debe de estar balanceada en su presentación, y debemos anticipar que el técnico energético necesitará asistencia de sus colegas de otras disciplinas en la firma o la industria.

Flujo de Efectivo

Los fundamentos de la evaluación financiera de proyectos es el flujo de efectivo esperado y que está relacionado al esquema de inversión propuesto independientemente del tipo de inversión que este siendo considerado.

Las técnicas de inversión financiera son flexibles, aplicables a todas las alternativas de inversión, y son utilizadas para ofrecer un parámetro de comparación entre los méritos relativos de los proyectos. De ahí que las cuentas de flujo efectivo o de caja tengan que ser computados rigurosamente, restando la tentación de reservar de presentar el proyecto favorablemente a costa de subestimar los costos de capital o bien sobrestimar las economías o ahorros susceptibles de abstenerse a través de dicho proyecto. La manipulación excesivamente optimista de las cifras es sumamente nociva porque la empresa se coloca en peligro si tal proyecto se implementara. A la inversa, una presentación categóricamente pesimista sería descontada sin mayor reflexión por quienes toman las decisiones fundamentales de la empresa. Por lo tanto, el esfuerzo interdisciplinario en la preparación de proyectos de inversión resultan inescrutables para una buena fundamentación de las cuentas.

Para lograr el apoyo de la alta administración, los administradores de energía tendrán que desarrollar y presentar sus programas como inversiones, con remuneraciones predecibles, en vez de costos irrecuperables. Tendrán que demostrar qué clase de remuneración -tanto en energía como en como en ahorros de costos- puede esperarse de cada proyecto y durante qué periodo de tiempo. Esto significa primero que hay que desarrollar una forma creíble de medir las remuneraciones, un método que sea entendido y aceptado por los funcionarios financieros de la compañía.¹⁴ Además de ello, el administrador de la energía debe estar de acuerdo en fijar para este tipo de proyectos, y para esta empresa, los valores que se establecen como aceptables o límites de tiempo de retorno de inversión y la tasa de descuento para las cuales evaluar económicamente los proyectos.

Las técnicas de evaluación financiera más comunes son de dos tipos: los métodos parciales de evaluación, los cuales son: la Inspección simple, el Periodo de Retorno Simple y la Recuperación de la Inversión; y, los métodos de evaluación completa, los cuales son: el Valor Presente Neto, Método de Valor Anual, Método de Relación Beneficio/Costo y la Tasa Interna de Rendimiento. Estas técnicas se describirán más a detalle en la sección II.3.4: "Evaluación Técnico-Económica de Proyectos" del capítulo siguiente.

I.10 REFERENCIAS DEL CAPITULO I

- 1 *Energía Racional*, Revista Informativa del Ahorro de Energía Eléctrica publicada por el Fideicomiso de Apoyo al Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, FIDE; año 1, N° 4, Junio de 1992
- 2 Vieyra Fernández, Arturo, Cortés Méndez, Carlos; Consumo Energético en el Sector Industrial, Evolución y Perspectivas; SEMIP/CONAE, Conferencia del XIII seminario nacional sobre el uso racional de la energía, Nov. 1992
- 3 *Balance Nacional de la Energía*, SEMIP, 1991
- 4 Lajous, A., *La Explotación del Gas Natural*, Edit. Colmex, 1983
- 5 Guzmán O. y otros, *Uso Eficiente y Conservación de la Energía en México, Diagnóstico y Perspectivas*, Edit. Colmex, 1985
- 6 Albisson, Harry, *Consumo de Energía en los Procesos Industriales*, Cuadernos sobre Prospectiva Energética, N° 95, Abril 1987, Colmex

- 7 Alonso Concheiro, *Planeación Energética, Prospectiva y Uso Eficiente de la Energía*, Investigación Económica 178, Oct.-Dic. 1986. Facultad de Economía, UNAM
- 8 Bazán y Díaz, *Ahorro y Uso Eficiente de la Energía*, "Energéticos", 2ª época Vol. 1, N° 8, SEMIP; Guzmán O y otros
- 9 Bazán N., Gerardo, UNAM, Islas, Obdulia, IPN, *Análisis de Energía del Sector Industrial en México para 1990*, Conferencia del XII seminario nacional sobre el uso racional de la energía, Nov. 1991
- 10 Covarrubias R., Rogelio, Mercado G. Sergio, *Perspectivas de Ahorro de Energía en México*, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Conferencia del XIII seminario nacional sobre el uso racional de la energía, Nov. 1992
- 11 Manuel de Diego Muñoz; Citado de la conferencia *Programa Nacional del Uso Racional de la Energía Eléctrica*, Memorias del 2o. Seminario sobre el uso eficiente de la energía, Sep. 1981.
- 12 Viqueira Landa, Jacinto, Citado de la conferencia *La conservación y el Uso Eficiente de la Energía en el marco de referencia del Programa de Energía de México*, Memorias del 2o. Seminario sobre el uso eficiente de la energía, Sep. 1981.
- 13 Lina Montes, Nora; *Los programas de uso eficiente de la energía en la década de los noventa*; Gerencia de Ingeniería Especializada, Celanese Mexicana; Conferencia del XIII seminario nacional sobre el uso racional de la energía, Nov. 1992
- 14 Thumann, Albert; *Fundamentals of Energy Engineering*, P.E., C.E.M., 1984, The Fairmont Press, Inc.

CAPITULO II

LA ADMINISTRACION DE LA ENERGIA EN LAS EMPRESAS

II.1 ESTRATEGIA GENERAL Y ARRANQUE DE UNA ADMINISTRACION DE LA ENERGIA

Como ha sido definido en el primer capítulo, la Administración de la Energía engloba toda una serie de actividades y conceptos en torno a obtener la máxima eficiencia de todas las operaciones energéticas por medio de un proceso permanente y cíclico establecido en la empresa y coordinado con todos los principales departamentos de administración, mantenimiento y producción.

Las actividades correspondientes de la administración de la energía son aquellas en las que, de alguna forma, gran parte del personal debe tomar parte. Sin embargo, uno de los principales requisitos para que estas actividades tengan éxito es el compromiso de los ejecutivos para con esta administración. Esto se refiere a que independientemente del tipo, tamaño e importancia de la empresa, la alta gerencia deberá estar plenamente convencida de la necesidad y beneficios que la administración energética representa para la propia empresa. Además deberán mostrar un continuo y auténtico liderazgo en estas actividades; los subordinados pondrán su mejor esfuerzo sólo si los directivos mantienen una actitud de importancia para la empresa del objetivo buscado. Si se carece de apoyo pleno y continuo de la dirección de la empresa, la administración de la energía esta destinada al fracaso. Es importante enfatizar que para que la alta gerencia vea y se convenza de la necesidad de implantar un programa de esta naturaleza es necesario que los consumos energéticos representen un insumo considerable y afecten en cierta medida las utilidades de la misma; si una empresa, por ejemplo, que por su naturaleza no consume más que para la iluminación y ésta no representa un gasto considerable, resulta obvio que no existe la necesidad de establecer un programa muy elaborado. Sin embargo se pueden tomar ciertas medidas para reducir su consumo. De la misma manera, es claro que en empresas donde el consumo de los energéticos si repercute sensiblemente en el costo total de producción, una administración de la energía será cada vez más que indispensable por el aumento de la competitividad en la apertura de mercados, y el aumento en los precios de los combustibles.

II.1.1 Plan General de la administración energética y formación del Comité de Ahorro de Energía

En el momento en que la alta gerencia esté convencida de esta necesidad, esta deberá proceder a conformar un comité, coordinación, jefatura, dirección, etc., que se encargará de la administración de la energía, con responsabilidad de:

- Efectuar un preanálisis de consumos globales.
- Formular un programa para el Uso Racional de la Energía.
- Organizar, dirigir y supervisar el programa.

- Integrar, controlar y evaluar las acciones emprendidas en el programa.

Este Comité estará preferentemente integrado por un coordinador general y un representante de cada departamento, sin embargo, esto no es limitativo, ya que cada empresa puede conformarlo de acuerdo a su política interna y sus necesidades específicas.

Por otro lado, en todos los casos los directivos de la empresa deberán evaluar la disponibilidad económica de la misma con el propósito de establecer su capacidad para las inversiones necesarias o requeridas por parte de la Administración de la Energía y con ello evitar un posible rezago e inclusive un congelamiento de los proyectos que el Comité proponga.

La empresa tendrá que evaluar y seleccionar al personal que está a cargo de la coordinación de la Administración Energética, así como prever la necesidad, en un momento dado, de contar con un grupo asesor quien oriente y de apoyo técnico en las acciones que se establezcan dentro de la misma. También deberá tomar en cuenta los requerimientos de capacitación y actualización de la planta de ingenieros y técnicos de suerte que se puedan alcanzar los objetivos establecidos con recursos internos.

Se pueden mencionar una serie de características deseables que debe reunir el coordinador del programa. Entre estas sería deseable el que sea un ingeniero o alguien de una carrera afín cuya trayectoria sea dentro del campo energético, ya que estará íntimamente involucrado en diversas actividades relacionadas con ese aspecto en las instalaciones, mantenimiento, operación, etc. Es recomendable que tenga una alta creatividad, para que oriente las actividades para que oriente las actividades hacia el uso racional de la energía de la empresa en la forma más económica posible. Estas actividades deberán desarrollarse sin menoscabo de la cantidad y calidad de los productos o servicios ofrecidos. Esta persona tendrá la responsabilidad de estimar las diversas situaciones que se le presenten e impidan lograr los objetivos planteados. Para ello efectuará estudios que le permitan vislumbrar la interrelación entre las acciones presentes y las de un futuro relativamente cercano.

La ubicación jerárquica del Comité para la Administración Energética dentro de la empresa es muy variada y depende, esencialmente de la estructura orgánica de la empresa, de las políticas internas y del giro de la misma. No obstante, para que trascienda los límites departamentales y exista fluidez en los proyectos que se planteen, es deseable que el coordinador general tenga un alto grado de responsabilidad como puede suceder en ciertos sistemas de organización matricial. El coordinador puede ser un ingeniero que laborando en la planta tenga los conocimientos apropiados, la experiencia suficiente, una visión amplia de la empresa y una elevada disponibilidad. Este último punto es de vital importancia para que no relegue a segundo término las funciones

contempladas dentro de la administración energética. Este tipo de ubicación jerárquica es recomendable para aquellas empresas nuevas o pequeñas que no están en disponibilidad de desviar recursos en la contratación de personal exclusivo para esta actividad o bien como un primer paso para la implantación de un programa más ambicioso. La otra alternativa pudiera ser la de instalar la coordinación con personal contratado específicamente para esta actividad, en cuyo caso es recomendable que dependa directamente de la alta gerencia a nivel de un grupo especialista. Esto no significa, por supuesto que sea la única alternativa y puede variar en función de las características de cada empresa.

Cualesquiera que sea la elección de la forma del Comité, su formación consistirá en los primeros pasos para el arranque de una Administración Energética partiendo de una estrategia general. Dado que en algunas empresas este tipo de administración puede partir de cero se plantea inicialmente este tipo de organización y el anuncio de la intención de por parte de la gerencia para la consecución del objetivo de la disminución de los consumos de energía en la planta, sin demeritar la productividad o calidad de los productos. Posteriormente, cuando se desarrolle la administración en forma, se irán planteando las estrategias específicas, como se detalla a continuación.

II.1.2 Principios básicos.

En el inciso anterior se mencionaron las responsabilidades que tiene un Comité para la administración de la energía. De ahí se desprenden las principales actividades que deben realizar para cubrir el objetivo buscado. Estas se pueden desglosar de la forma genérica siguiente:

1. Análisis de los consumos energéticos.
2. Formulación de un programa para el uso racional de los energéticos y su desarrollo.
3. Control de la gestión energética.

Estas actividades representan, de modo general, la estrategia global para llevar a cabo una administración adecuada de la energía en las empresas. Esta, por supuesto, no es limitativa y puede extenderse o modificarse de acuerdo a la experiencia adquirida. Se debe considerar si las ventajas de una estrategia planteada valen el esfuerzo que ésta requiere. Hay cuatro razones principales por las cuales existiría una respuesta afirmativa:

- Es inadecuado establecer los objetivos sólo en términos de máximo beneficio.
- Es necesario planificar para el futuro trabajos con largos ciclos de elaboración.

- Es preciso influir en los cambios del entorno, en lugar de limitarse a responder a ellos.
- Es útil fijar los objetivos visibles como inspiración al esfuerzo organizativo².

La planificación de actividades, conducentes a desarrollar el objetivo de una administración energética, implica un estudio sistemático de una serie de elementos interrelacionados y que resultan del planteamiento explícito de los objetivos de la empresa y del modo de alcanzarlos. Puesto que resulta difícil obtener una definición clara de los diferentes términos que se han ido planteando, esto es, objetivos, metas, estrategias, políticas, etc., los trataremos brevemente

Objetivos: en este contexto se usa la palabra objetivo para declarar los propósitos específicos a corto, mediano y largo plazo de toda la organización. A menudo se distinguen diferentes tipos de objetivos dependiendo del alcance de los mismos, así, se tienen los objetivos generales que en ocasiones también se les llama los fines del programa o negocio; por ejemplo se pretende optimizar el uso de la energía de la empresa o bien se alcanzará el liderazgo en ahorro energético y los objetivos específicos, que son el conjunto de objetivos que permiten tomar decisiones operativas y por lo tanto contienen una definición clara sobre las características que se desean alcanzar sobre un equipo, proceso o sistema específico, así como metas cuantificadas y enmarcadas en un calendario concreto. En este sentido, el objetivo define el punto final al que hay que llegar (*dónde hay que llegar*) en un tiempo determinado (*cuándo*).

Estrategia: las vías de acceso a los objetivos se les denomina Estrategia. Una Estrategia es entonces considerada como la alternativa viable para alcanzar ese o esos objetivos. La viabilidad de una alternativa estará condicionada a dar respuesta explícita y cuantitativa a las preguntas sobre lo que se podría hacer y lo que la empresa realmente puede hacer. Por ejemplo, si una empresa plantea el objetivo de disminuir en un 50% el consumo energético de un proceso determinado y aumentar en un 5% los beneficios para dentro de dos años, tiene varias alternativas (*vías de acceso*):

1. Cambiar el equipo existente por otro más eficiente.
2. Transformar el equipo existente convirtiéndose en más eficiente.
3. Eliminar los consumos de energía excesivos y de desperdicio.
4. Cambiar los sistemas de control de los procesos.
5. Cambiar las etapas altamente consumidoras de energía.
6. Cambiar el proceso por otro energéticamente más eficiente.

Puesto que estas alternativas no se excluyen mutuamente es posible un gran número de combinaciones o estrategia alternativas una de las cuales deberá ser seleccionada como la *mas prometedora*. La selección del camino a seguir es lo que se llama *formulación de la estrategia (el cómo actuar)*.

El entorno de la empresa: una planificación, en el marco general, va dirigida hacia el futuro, donde las condiciones pueden ser diferentes a las actuales. Para que los objetivos que se plantea la empresa sean consistentes deberán ser reales y compatibles con el entorno existente a un cierto plazo futuro y de igual forma para las estrategias. Es pues necesario elaborar estrategias que contemplen las previsiones dentro del periodo de planificación y que de alguna forma pueden afectar el cumplimiento del plan. Así, se tienen que tomar en cuenta factores tales como los sociales, económicos, tecnológicos y políticos del entorno. La identificación de las tendencias del entorno a través de un estudio prospectivo, puede ayudar a elucidar los problemas u oportunidades para las actividades programadas a futuro o las actuales, lo que conducen a la consideración de las posibles estrategias a seguir (*qué se podría hacer*).

Diagnóstico de la capacidad de la empresa: las consideraciones hechas hasta este momento han dejado fuera a la empresa misma. Si bien resulta lógico el que una serie de empresas de igual giro identifiquen los mismos problemas y oportunidades y por ende lleguen a coincidir en las posibles estrategias a seguir, estas últimas se encaranán a la realidad de la capacidad de cada empresa. En consecuencia cada empresa elegirá una estrategia diferente acorde con su capacidad actual. Para lograr esto, se deberá realizar un análisis severo de la empresa respecto a sus puntos fuertes y débiles. Una empresa con una planta de ingeniería pobre o con una baja experiencia en el campo energético afrontará esta debilidad capacitando a su personal y/o contratando asesores externos; el comité de administración energética propondrá un desarrollo, al principio lento, basado en acciones lógicas y sin complicaciones tecnológicas (vg. eliminación de fugas de vapor, control de iluminación, corrección del factor de potencia, etc). De esta forma irá superando paulatinamente su debilidad y afrontando decididamente los problemas y aprovechando las oportunidades de su entorno. Por lo tanto, comparando las previsiones del entorno (*qué podría hacerse*) con un diagnóstico de la capacidad de la empresa (*qué puede hacerse*) es posible efectuar una elección de la estrategia a seguir (*qué debe hacerse*).

En la práctica, la formulación de estrategias, es un método interactivo. Esto es debido a que no es posible establecer objetivos realistas hasta que no se hayan hecho consideraciones sobre posibles estrategias, previsiones y diagnósticos de capacidad y viceversa. Conforme vaya avanzando el proceso de planificación se desarrollará un patrón coherente de objetivos y estrategias que se conformarán con la información obtenida en cada momento. En teoría

estos objetivos y estrategias se vuelven obsoletos en el momento que se tiene nueva información, sin embargo, en la práctica es raro que se tengan que realizar cambios frecuentes en estos objetivos y estrategias. Este hecho redundaría en una inestabilidad de la empresa y la planificación operativa sería excesivamente compleja.

II.1.3 Factores para la estrategia en la administración de la energía.

Hay diversos factores que se necesitan considerar en la formulación de estrategias para la administración de la energía. Como se ha dicho, la estrategia toma como base la información obtenida a través de:

- a) Las previsiones sobre el entorno;
- b) El diagnóstico de la capacidad de la empresa; y
- c) La estrategia general de la empresa.

Puesto que la formulación de una estrategia es un proceso interactivo, demostraría una falta de realismo el no considerar los proyectos potenciales dentro de la misma, pues son finalmente éstos quienes hacen posible su logro. No se debe tampoco olvidar la posible asignación de recursos ya que las diferentes estrategias implican diferentes niveles de gasto. Si la asignación de recursos no es la adecuada, entonces habrá que excluir alguna estrategia aunque sea potencialmente factible.

Los factores que hay que considerar son:

- a) *El entorno*: se ha mencionado ya la necesidad de realizar previsiones sobre el entorno de la empresa. Se ha dicho que la principal finalidad de esta actividad es determinar qué se podría hacer para explorar al máximo las oportunidades o afrontar las amenazas de los fuertes cambios de entorno.

La administración de la energía se ve afectada por los cambios tecnológicos que ocurren continuamente y de los cuales se deberá estar al día. Sin embargo, no sólo es necesario prever y estar al día en los cambios tecnológicos, sino también en los factores económicos, sociales y políticos. Ya que estos factores se interrelacionan de forma muy compleja, la previsión tecnológica debe cubrir muchos aspectos. Además, no debe olvidarse que la conveniencia de seguir una política concreta está determinada por la intensidad del esfuerzo competitivo que se desee llevar a cabo.

En este sentido, se deberá prever y estar continuamente informado sobre las políticas energéticas que emanen del gobierno; sobre las políticas económicas respecto a los energéticos y a la ecología, así como del entorno social en el cual esté inmersa la empresa.

Es imprescindible, valorar la previsión del entorno en la formulación de estrategias, sobre todo en lo que respecta a la identificación de futuras amenazas y oportunidades y a la identificación de nuevas tecnologías, metodologías y actividades que se desarrollan dentro del campo del uso racional de la energía.

b) *La capacidad:* también se ha mencionado la importancia que tiene el evaluar la capacidad de la empresa para que le permita llevar a cabo un programa de uso racional de la energía acorde con su viabilidad; evaluar sus puntos fuertes y débiles; tener presente que los actuales puntos fuertes pueden no tener relación con las necesidades de un futuro que quizá exija cosas muy diferentes.

Dentro de esta evaluación deberán considerarse los siguientes factores:

1. Recursos.

- Volumen del presupuesto.
- Crecimiento del presupuesto.
- Número de miembros del personal.
- Equipo o material de medición (instrumentación).

2. Conocimientos tecnológicos (que dependen del giro de la empresa).

- Tecnología A (por ejemplo, aire acondicionado y refrigeración).
- Tecnología B, etc.
- Variedad de especialidades (especialistas).

3. Personal.

- Capacidad creadora.
- Capacidad innovadora.
- Capacidad de iniciativa.
- Conocimientos de tecnología avanzada, etc.

4. Resultados anteriores.

- Experiencia de innovación.
- Experiencia de implantación.
- Logros obtenidos en programas similares.

Como ejemplo, cada uno de estos factores pueden graficarse en función de una escala decimal (normalizado) de suerte que se identifiquen aquellos puntos en donde la empresa pueda ser deficiente. Así, se puede pensar en una empresa cuyo personal no se encuentre al tanto de los desarrollos tecnológicos, por lo que se pueden tomar determinadas medidas inmediatas para subsanar esta debilidad:

(1) *Actualización*: se ha admitido frecuentemente que la formación no termina con la licenciatura y menos aún en un mundo de cambios. Hay que admitir, sin embargo, que es difícil realizar una gran labor de formación a menos que se planifique a largo plazo.

(2) *Reclutamiento*: el abrir un programa de uso racional de energéticos, quizá pueda tener mayor éxito contratando nuevo personal capacitado para ello; de esta forma se pueden satisfacer las necesidades del futuro más que las presiones a corto plazo.

(3) *Reclutamiento temporal de especialista*: el apoyarse, temporalmente en asesores externos contribuye a satisfacer principalmente las necesidades del corto plazo. Esta medida es inmediata, pero puede representar una dependencia externa para la empresa.

C) *Riesgo*: este es otro factor importante a considerar dentro de la formulación de la estrategia a seguir. El análisis de riesgo es una herramienta que permite contrastar el examen racional y matemático de los resultados esperados para los proyectos alternativos con las probabilidades subjetivas de que ocurran dichos resultados.

Para hacer frente al riesgo que implica el abrir una administración de energía (como proyecto empresarial) y disminuir sus efectos iniciales sobre la economía de la empresa, deberá considerarse el desarrollar la planificación de actividades en forma paulatina, de suerte que en un corto plazo el programa se vuelva autofinanciable, es decir, que con los ahorros de hoy se programen y financien las actividades y proyectos futuros. Dentro de este contexto se propone la presente estrategia para cubrir los objetivos de uso racional de la energía.

II.1.4 Asignación de recursos a la administración.

La estrategia general de la empresa puede dar la pauta para la asignación de recursos a la administración de la energía, sin embargo, no hay que pensar que sea esta estrategia quien domine la forma y el monto a ser asignado. El efecto más importante está en relación a la selección de proyectos y a la asignación de recursos a cada uno de ellos. La utilización de recursos al seleccionar proyectos individuales altamente prometedores no es necesariamente la óptima, ya que en la práctica el presupuesto es limitado y los proyectos compiten entre sí para lograr un equilibrio entre costo y beneficio. Los proyectos son verdaderamente independientes sólo

cuando los recursos son ilimitados, lo cual, en la realidad es algo completamente imposible. Si se quiere maximizar de manera congruente la contribución del global de proyectos seleccionados será necesario rechazar algún o algunos proyectos que, aunque prometedores, consumirían gran parte del presupuesto dejando desprotegidos a otros proyectos que requieren también de recursos. Hay que evitar apoyar sólo aquellos proyectos que aportan un máximo de beneficios a corto plazo. Si bien esta política puede ser exitosa, puede conducir al desastre a mediano o largo plazo, pues no se asientan debidamente las bases para un desarrollo homogéneo futuro. La forma más adecuada de realizar esta actividad es armar una cartera de proyectos coherentes con los objetivos a largo plazo sin olvidar que el proceso para un uso racional de la energía es paulatino e iterativo de forma que no se convierta en una carga para la empresa, sino que contribuya, desde el corto plazo a obtener beneficios.

Uno de los principales problemas de toda dirección es determinar el monto de la inversión en un programa para el uso racional de la energía. Siempre habrá limitación presupuestal por lo que deberá de repartirse en aquellas actividades que sean rentables a corto plazo y otras que lo sean en el largo plazo. Es de esperarse que algunas empresas renuncien deliberadamente a gastar en tecnología para aprovechar mejor sus recursos energéticos y en contraparte explotar al máximo la experiencia que tiene la empresa en otras actividades como finanzas, fabricación y ventas. No obstante, éstas se verán obligadas a cambiar al hacer el análisis de su entorno.

El establecimiento del presupuesto para la administración energética debe en principio basarse en los objetivos globales de la empresa y los objetivos propios de la administración. En la práctica, sin embargo, suele estar sujeta a las fluctuaciones a corto plazo que dependen esencialmente de la disponibilidad de fondos, más que de las necesidades tecnológicas. Ello se debe, en la mayoría de los casos, a la gran dificultad de establecer una base de asignación que sea aceptable para todas las partes. Hay una serie de propuestas² para atacar el problema de asignación de recursos; la empresa puede tomar como base las siguientes:

- a) El volumen de ventas.
- b) El monto de los beneficios.
- c) Los niveles de gasto anteriores.
- d) El costo de un programa acordado.
- a) Con relación al volumen de ventas.

La base porcentual respecto a las ventas, es una práctica común en diversos programas empresariales y lo hace también aplicable al programa de uso racional de la energía. En la gran mayoría de los casos, la facturación anual no suele estar sujeta a grandes

oscilaciones de un año a otro. Esta base asegura una cierta estabilidad para el programa, el cual, evidentemente crece con la empresa. Sin embargo, presenta el inconveniente de que la asignación se basa en el volumen de ventas actuales generado con una inversión del pasado y no con el volumen de ventas futuro que está relacionado con las inversiones presentes del Programa de Uso Racional de la Energía (PURE).

b) Con relación a los beneficios.

Este tipo de asignación es para muchos el que menos conviene, pues en cierta forma es una medida drástica al hacer uso de los beneficios para un programa determinado ya que sólo se justifica para casos de supervivencia. Sin embargo, el hecho de asignarlo a un programa tendiente a un mejor aprovechamiento de sus recursos y específicamente del recurso energético, redundará en un mayor beneficio para la empresa, esta medida es acorde con los objetivos por alcanzar. El invertir los beneficios para un mayor beneficio es una medida coherente con una política de crecimiento progresivo y sin grandes riesgos para la empresa.

c) Con base en los niveles de gastos anteriores.

Esta base se justifica cuando al no tener otro criterio la empresa ha tenido alguna experiencia dentro del campo y ya ha invertido una cantidad de recursos en programas o proyectos similares. El presupuesto que se le asigne a la administración de la energía resulta, generalmente, de una negociación entre la dirección y los directivos de la administración. Un presupuesto anterior puede servir de base a la asignación actual añadiendo los efectos debido a las devaluaciones, inflación, expansión, etc.

d) Respecto al costo de un programa acordado.

Cuando se ha realizado ya una planificación y se ha establecido una estrategia técnica, el directivo a cargo de la administración energética tiene interés en apoyar su cartera de proyectos. Hecha la evaluación de los costos de dicho programa, el directivo lo someterá al juicio de la alta dirección de la empresa. Por lo regular el monto solicitado sobrepasa lo que puede recibir, de esta forma tendrá que llegarse a un equilibrio entre la oferta y la demanda. El juicio y la negociación son indudablemente inevitables y juegan un papel importante en la asignación de recursos. Ningún método o base provee resultados que satisfagan completamente a las partes; sin embargo, deberá considerarse que una empresa que abra un programa para el URE debe buscar la estabilidad. Una expansión rápida es difícil de llevarla a cabo en forma fluida, lo que sugiere una tasa de crecimiento estable, sin fluctuaciones violentas. Asimismo, son de considerarse las distorsiones que introducen los grandes proyectos. Habrá ocasiones en que un gran proyecto absorba la mayor parte del presupuesto de un año determinado. Es deseable que se incremente temporalmente el presupuesto en lugar de retrasar algún programa importante.

Por último, es útil hacer resaltar que las actividades dirigidas a la formulación de objetivos y estrategias carecen de sentido a menos que se reflejen en la toma de decisiones a todos los niveles de la empresa. Por lo tanto, éstas deberán ser promulgadas a través de la formulación de políticas clave y planes de acción, ya que el hecho de tener un sistema de planificación no asegura en sí, que la estrategia se lleve a cabo. El éxito tampoco está asegurado si el proceso de planificación se lleva a cabo en un solo sentido sin tener la opinión de los responsables o de aquellos que colaboran en la parte operativa.

II.1.5 Formulación de la estrategia.

Hasta aquí se han planteado los argumentos más importantes en la formulación de una estrategia para la administración de la energía. En este sentido hay que hacer resaltar que lo que lleva a una gradual aparición de una estrategia es el proceso analítico. La evaluación y análisis continuo de las diversas interrelaciones entre los factores multicitados lleva al establecimiento de una estrategia determinada.

En términos generales, como ya se ha mencionado, la estrategia general para la administración de la energía se establece con base en tres aspectos importantes:

- 1) análisis preliminar de los consumos energéticos.
- 2) Planeación y formulación de un PURE.
- 3) Establecimiento de un sistema de control de la gestión energética.

II.2. ANALISIS DE LOS CONSUMOS ENERGETICOS.

En la etapa de planificación para efectuar una administración energética se ha dicho que uno de los primeros pasos a dar o estrategia de arranque es la de llevar a cabo un análisis de los consumos energéticos de la empresa. Esta etapa conduce a reconocer que la empresa se vería beneficiada al implantar una administración que le permita abatir los costos por energía y de esta forma elevar sus beneficios.

Una vez que el comité administrativo de la energía ha sido implantado, la primera actividad operativa que deberá desarrollar es, sin lugar a dudas, una evaluación de los consumos energéticos más efectiva que la primera de carácter general antes señalada.

Esta primera actividad tiene como objetivo identificar, con cierta precisión, la fuente o fuentes de mayor consumo y realizar una ponderación, tanto de consumo como de costos; la finalidad es no invertir mucho tiempo ni recursos en aquellos aspectos que no afectan en gran medida la economía de la empresa.

Para que el Comité pueda justificar y posteriormente formular adecuadamente un programa para el uso racional de la energía, tendrá que realizar, como primera actividad, un análisis de los consumos energéticos globales en la empresa (gas, diesel, combustóleo, electricidad, etc.). Esta se realizará evaluando el consumo por energético, tanto actual como histórico, de cuando menos dos o tres años anteriores; con cuanta más información se disponga mayor será la precisión de este análisis.

Una vez realizado este análisis preliminar, se procede a formular el programa para el uso racional de los energéticos.

II.3 PLANEACION ESPECIFICA Y FORMULACION DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL DE ENERGETICOS

Un programa para el uso racional de la energía es en sí la etapa de planificación de actividades secuenciales o paralelas, vertidas en un programa detallado, conducentes a disminuir los consumos energéticos a través de la optimización de procesos u operaciones, la disminución de desperdicios de operación, etc., en plantas industriales, empresas de servicios o instituciones, cumpliendo objetivos por etapas. Un programa de esta índole es una de las herramientas más importantes que tiene el Comité administrador de la energía para cumplir con sus objetivos, ya que en éste se plasma la secuencia y estrategia para desarrollar eficientemente su actividad. La estructura del programa depende mucho del tipo de empresa en el que se vaya a implantar aunque existen una serie de actividades que, sin lugar a dudas, son independientes de ésta. Entre ellas destacan las actividades que se deberán programar para desarrollarse en orden secuencial y otras para desarrollarse paralelamente.

Actividades a desarrollar en orden secuencial:

- a) Diagnóstico energéticos.
- b) Proposición de proyectos.
- c) Evaluación y selección de proyectos.
- d) Evaluación técnico-económica de alternativas.
- e) Presentación y aprobación de propuestas.
- f) Implantación de proyectos.
- g) Puesta en marcha del proyecto y diagnóstico.
- h) Análisis comparativo y evaluación de resultados.

Actividades a desarrollar paralelamente:

- a) Planificación de actividades secuenciales.

- b) Evaluación por etapas.
- c) Supervisión de actividades.
- d) Integración de grupos de apoyo.
- e) Subprograma sobre concientización y motivación.

Las actividades a desarrollar secuencialmente se describen a continuación.

II.3.1 Diagnósticos Energéticos.

La aplicación de métodos y técnicas para el uso racional de la energía dependen de la información y ésta sólo puede ser suministrada por un diagnóstico energético. Este es un estudio para determinar *dónde, cómo y qué tan bien* se está usando la energía. De aquí pueden surgir una serie de propuestas para el programa de administración de energía. Hasta aquí se ha insistido sobre la necesidad de comenzar con un análisis de los consumos energéticos. Esto se debe a la importancia que reviste el contar con información tanto histórica como actual para efectuar una prospectiva de consumos energéticos a corto, mediano y largo plazo. Con esta ayuda se podrá generar una estrategia para afrontar la incertidumbre de los costos energéticos. Además, después de la evaluación de la capacidad de la empresa, esta estrategia le permitirá tener una mayor competitividad en el mercado.

Hay que tener en cuenta que el Diagnóstico Energético es una herramienta, no la solución al control de costos energéticos. Este identifica las áreas de mayor consumo de energía, llamando la atención sobre el desperdicio energético y los procesos y operaciones ineficientes, apuntando a aquellas áreas en las cuales se puede lograr un mayor ahorro y provee un patrón bajo el cual se podrán comparar nuevos proyectos. Dada la importancia de este tema, pues de él depende en gran medida el conocimiento que se tenga de los flujos energéticos de la empresa y dada la escasez de información sobre la metodología para el desarrollo de los diagnósticos, en el presente documento se dedicará un capítulo completo para tratar con detalle el método para los diagnósticos energéticos. En tanto en este capítulo sólo se verán sus generalidades.

En realidad existen tantos diagnósticos energéticos como plantas industriales o empresas hay. Estos varían en tamaño, precisión y costo, dependiendo de las fuentes energéticas y necesidades de la empresa que se diagnostica. Generalmente en la literatura se clasifican en tres categorías o niveles³: preliminar o "A", general o "B" y detallado o "C".

a) El Nivel "A" o preliminar orienta al responsable energético acerca de los consumos de energía globales de la planta. Este diagnóstico, incluye la inspección visual para identificar las

oportunidades obvias de ahorro que pueden lograrse fácilmente por procesos de mantenimiento o de operación. Provee también la evaluación de los consumos globales de energéticos tales como gas, combustóleo, diesel, electricidad, etc. y el análisis estadístico de los consumos de esos energéticos. Además, esta clase de diagnósticos es la más económica y permite identificar entre 60 y 70 por ciento de la energía utilizada en el proceso dando una idea de los costos totales por este concepto. Este nivel de diagnóstico es frecuentemente empleado para justificar la creación de un Comité para la administración de energía y sirve como base para la planificación de actividades que conduzcan al objetivo planteado.

b) El Nivel "B" o *general* provee información de los consumos de energía por áreas funcionales: departamentos, procesos, servicios, construcciones, etc. A éste se le conoce como macrodiagnóstico y contabiliza entre 75 y el 85 por ciento de la energía utilizada, identificando con mayor precisión aquellas áreas donde se desperdicia o consume ineficientemente la energía. Esta clase de diagnóstico provee información que permite establecer la razón de potencial de ahorro de energía a la reducción de costos debido a los proyectos alternativos de conservación de energía, fijando así metas más específicas para el programa de uso racional de la energía para la empresa.

c) El último de los tres niveles, el nivel "C" o *detallado*, permite obtener información precisa y comprensible de los consumos, de las pérdidas y de los rechazos de energía en los elementos dentro de los procesos. Este diagnóstico se caracteriza por requerir mucha instrumentación y adquisición de datos y estudios de ingeniería. Este se conoce como microdiagnóstico y resulta ser el más costoso de los tres niveles. Sin embargo, contabiliza entre el 90 y el 95 por ciento de la energía utilizada, pues permite analizar y detallar todas las pérdidas. Provee además, la suficiente información como para justificar los proyectos de inversión de capital para las mejoras a los procesos para la conservación de la energía. El detalle y la precisión de este tipo de diagnósticos usualmente va más allá del nivel requerido para iniciar un programa de uso racional de la energía.

Un diagnóstico de la planta total es un proyecto extremadamente complejo, pues es realizable cuando se hace paso por paso. Cada paso del mismo es un proceso de aprendizaje para las fases subsiguientes. El proyecto se mueve de lo general a lo específico. Después de cada paso, se deben tomar acciones para incrementar la eficiencia energética y tomar las medidas técnicas adecuadas para disminuir los desperdicios de energía. Es de esperarse que para cumplir con este objetivo en un proceso o instalación haya más de un proyecto como alternativa, los que deberán ser evaluados técnica y económicamente. Posteriormente se debe proseguir con el siguiente nivel de diagnóstico para obtener información más detallada. Este modo de conducir el diagnóstico es razonablemente eficiente, pues en cada fase se llevan a cabo los esfuerzos máximos que permiten precisar los beneficios energéticos, identifica los módulos en los cuales es más probable un ahorro de energía antes de proceder con

mayor profundidad y permite diagnosticar las oportunidades de conservación de energía en un tiempo reducido.

II.3.2 Proposición de Proyectos.

Los diagnósticos energéticos han permitido evaluar cualitativa y cuantitativamente los flujos energéticos de las operaciones de la empresa. Se han detectado aquellos módulos, operaciones, sectores, etc., donde existe un mayor desperdicio o ineficiencia. Es en esta etapa en donde se propondrán y programarán las medidas técnicas y proyectos que permitan hacer un mejor uso de la energía. Estos se pueden dividir en tres niveles.

a) En el primer nivel se recogen principalmente los resultados obtenidos de un diagnóstico preliminar. Este suele ser la fase inicial de las acciones de todo programa de uso racional de la energía y frecuentemente llegan a obtener resultados satisfactorios con relativamente poco esfuerzo. En esta etapa se obtienen, con cierta facilidad, un cúmulo de beneficios. En el plazo inmediato se involucra la realización de mantenimiento correctivo y ajustes operacionales. La inversión requerida es mínima y depende el estado de conservación de las instalaciones, usos y costumbres en la operación así como de su instrumentación y control.

Por ejemplo, las medidas y proyectos que lleguen a implantarse pueden ser:

- a) Reemplazar aislantes térmicos deteriorados.
- b) Verificar la operación de trampas de vapor.
- c) Controlar la combustión.
- d) Eliminación de fugas de aire, agua o vapor.
- e) Corrección del factor de potencia.
- f) Reprogramar la secuencia de arranque del equipo eléctrico.
- g) Aumentar el factor de carga, etc.

b) En el segundo nivel, ya que los grupos profesionales y técnicos van adquiriendo conocimientos más profundos, se identifican a través de la información obtenida por un diagnóstico de nivel A ó B, algunos proyectos que requieren de estudios de ingeniería más detallados y de mayor inversión en activos para poderse realizar. Esta se considera a corto y mediano plazo ya que requiere, principalmente, de instalación de equipo con baja y mediana inversión.

c) La tercera etapa implica cambios más profundos y consecuentemente requiere de mayor inversión, se considera que son acciones a mediano y largo plazo y un período grande de maduración. Regularmente los proyectos que se proponen en esta etapa, provienen de los resultados obtenidos en un diagnóstico de nivel B ó C, habiendo requerido una instrumentación más completa en las instalaciones. Aquí deben considerarse plantas e instalaciones diseñadas con criterios de energía o tecnología ya obsoletas. Cada caso debe juzgarse por sus propios méritos.

Todo proyecto debe plantearse con un objetivo claramente definido respecto al cual se establece el estándar para medir el éxito obtenido. Sin embargo, en la proposición de un proyecto hay que tener siempre presente que lo único que justifica la dedicación de recursos financieros para su desarrollo es que con ello se generarán innovaciones o adaptaciones que contribuyan a la supervivencia y rentabilidad de la empresa. Además, debe conducir al logro de estos objetivos más económicamente que si se empleara el dinero de otro modo, sin olvidar, claro está, el objetivo básico que se busca: la disminución en el consumo energético, para beneficio propio de la empresa y los beneficios que con ello se obtienen para el país. Para esto se deberán plantear preguntas tales como: ¿cómo puede conseguirse el objetivo más económicamente, adquiriendo, mediante licencia, la tecnología de otra empresa o institución o bien iniciando en la propia un proyecto de desarrollo?, ¿cuál de los presupuestos tiene mayor posibilidad de éxito de acuerdo a la realidad de la empresa?

No obstante la dificultad de dar una respuesta totalmente satisfactoria, el tecnólogo no debe perder de vista dichas consideraciones, ya que el resultado económico último es la única justificación de su permanencia en la empresa.

La eficiencia de la Administración de la Energía depende sustancialmente de la calidad de las ideas. La formulación de un proyecto para resolver satisfactoriamente un problema determinado requiere indudablemente de un alto índice de creatividad.

Frecuentemente no se cuestiona la validez de un problema planteado en el cual se fundamenta la definición de los proyectos que se proponen. Pero con regularidad la solución viene dada por una redefinición del problema. A continuación se presenta un ejemplo que, aunque simple, puede ilustrar claramente lo que en la práctica ocurre a menudo. El problema, en una compañía surgió cuando se detectó un alto consumo de energía eléctrica donde un alto porcentaje se debía a la iluminación tanto en la planta como en las oficinas. La solución al problema fue implantar lámparas más eficientes con menor consumo energético y la disminución al mínimo de unidades. Posteriormente se vio que el problema podía haberse resuelto simplemente con una instalación de más interruptores (v. gr. apagadores por oficina en lugar de por piso o sector cuyo costo era menor).

El primer proyecto habría resuelto el problema de ¿cómo disminuir el consumo energético?, en tanto que la segunda solución habría respondido a la pregunta ¿cómo desperdiciar menos energía?

Cuando uno se centra fijamente en un problema tal cual ha sido definido es muy difícil verlo en otra forma. Cuando se aprecia desde afuera es difícil criticar; una mente adiestrada debe ser capaz de ver el problema por todos los ángulos posibles. Pero la experiencia dice que la solución "obvias" resulta que la redefinición del problema después de haber dedicado mucho tiempo y recursos a la solución de un problema que no es el real.

La labor de la Administración de la Energía en lo que respecta a la elaboración de proyectos se concreta esencialmente a la solución de problemas bien detectados y con objetivos bien establecidos y específicos. En un proyecto determinado se pueden detectar tres fases:

- 1) La propuesta o concepción del proyecto.
- 2) La justificación.
- 3) La ejecución.

La propuesta o concepción del proyecto está relacionada con la creatividad del personal que constituye la administración energética. Esto no es limitativo y puede extenderse a un buzón de ideas en toda la empresa como se verá más adelante. Muchas empresas consiguen un efecto contrario al ambiente creativo al formalizar excesivamente el procedimiento y exigir una justificación detallada de ideas que pueden encontrarse en una etapa de formación. El proceso creativo no es muy bien conocido; se trata de crear un ambiente propicio para ello, eliminando los factores dentro del ambiente de trabajo que inhiben dicho proceso y por consecuencia lo eliminan.

La justificación de un proyecto está íntimamente relacionado con los beneficios que pueda sacar una empresa. En este sentido, la relación costo-beneficio es, sin lugar a dudas, uno de los principales criterios que llevan a justificar adecuadamente un proyecto. Es natural que cada uno de los proyectos propuestos sea justificado, sin embargo, no hay que pedir en una primera etapa que la justificación sea amplia, ya que se caería en un juego administrativo enormemente pesado.

Existe una gama muy amplia de criterios que justifican la implantación de un proyecto determinado. Estos pueden agruparse en cinco rubros generales:

- A) Respecto a la política de la empresa.
 - Impacto sobre sus objetivos.
 - Compatibilidad con su estrategia global.
 - Nivel de riesgo.
- B) Respecto a la Coordinación de Administración de la Energía.
 - Relación con sus objetivos.
 - Compatibilidad con su estrategia.
 - Viabilidad técnica del proyecto.
 - Viabilidad económica del proyecto.
 - Efecto sobre el conjunto de proyectos.
 - Tiempo y costo de desarrollo.
 - Tiempo de aprendizaje.
- C) Respecto a las finanzas de la empresa.

- Costo total del proyecto
- Viabilidad económica
- Costos de implantación
- Disponibilidad de fondos en función de la escala de tiempo
- Repercusión sobre otros proyectos de la empresa
- Beneficios anuales y su distribución en el tiempo
- Margen de beneficios esperado
- Satisfacción de los criterios de inversión de la empresa

D) Respecto a la producción o servicio prestado.

- Impacto sobre la productividad
- Impacto sobre la calidad del bien o del servicio
- Disponibilidad de personal
- Compatibilidad con la capacidad actual
- Costo y disponibilidad de materiales
- Necesidades de equipo nuevo

E) Respecto al entorno.

- Respuesta a las políticas y mandatos actuales
- Respecto a leyes actuales
- Efectos sobre el medio ambiente
- Disminución de la contaminación térmica
- Disminución de la contaminación por emisiones gaseosas

La ejecución del proyecto es la etapa en la que se pasa de la factibilidad a la implantación en la empresa. Se dice que la gestión es el arte de hacer que las acciones se realicen. El coordinador de la AE cuenta con los recursos que se le han confiado para obtener el objetivo establecido. Este objetivo debe lograrse en un tiempo determinado y a un costo mínimo. Como está realizando algo novedoso el avance del proyecto depende de sus decisiones y su buen juicio.

El desarrollo, la implantación del proyecto y sus primeras pruebas, así como su evaluación real, están a cargo del coordinador de la AE. Este tiene la responsabilidad de que el proyecto llegue a un exitoso término, por lo cual debe estar consciente de ello al considerar cada una de las propuestas que se le hagan llegar.

II.3.3. Evaluación y Selección de Proyectos.

La selección de proyectos se basa en los mismos criterios que se usan para justificarlos. Los factores que sirven para la selección de un proyecto se usan igualmente para su cancelación. En la etapa inicial de un proyecto la AE efectúa inversión de recursos para determinar las posibilidades técnicas de realización. Esta inversión puede considerarse que está dirigida a reducir la incertidumbre, es decir, a determinar con un cierto grado de precisión la viabilidad del proyecto.

El método de evaluación de un proyecto sirve para las decisiones de selección y como uno de los principales factores de control del mismo por lo que deben quedar claramente establecidos. Los principales factores que se consideran están relacionados con las ventajas económicas que se esperan de él, el impacto sobre los demás proyectos, su impacto en la empresa y su impacto sobre el entorno.

Si bien los criterios que han de tomarse en cuenta dependen de las circunstancias de cada empresa y de su giro, lo que hace casi imposible establecer una lista adecuada y de aplicación universal, hay criterios que pueden ser considerados casi en cualquier tipo de empresa. Hay que ampliar el juicio y estar abiertos a cada problema específico, a fin de determinar los criterios que son más importantes y el grado de precisión que se requiere de los datos para tomar una decisión

Los criterios en la evaluación y selección de los proyectos se agrupan en cinco rubros, mismos que se han usado para la justificación de éstos.

- a) La empresa
- b) La Administración de la Energía
- c) Las Finanzas de la empresa
- d) La Planta productiva o de servicios
- e) El entorno
- a) La empresa.

La consecución de los objetivos de la empresa y del motivo de su existencia hacen de la AE un medio para consolidarse y consecuentemente un criterio para seleccionar un proyecto determinado. Por lo tanto, es vital que las condiciones de esta lógica repercutan en el procedimiento de selección de proyectos. La empresa debe tomar una posición bien definida respecto al cambio que origina un mejor uso de los energéticos y por ende congruente con un posible cambio de sus estrategias.

Se debe considerar igualmente si el proyecto es congruente con la actividad de la empresa frente al riesgo. La selección de un proyecto con un alto índice de riesgo, aunque frecuentemente con grandes beneficios, puede estar en contra de los directivos de la empresa con aversión al riesgo.

- b) La administración de la energía.

La administración de la Energía planifica a través de una estrategia las actividades que le permitan llegar a los objetivos planteados. Toda vez que la planificación se realiza en forma tal que existe un avance paulatino y en cada paso se profundiza más en

los problemas del uso racional de la energía en la empresa, es menester que el proyecto que se plantee se encuentre ubicado en la etapa de avance que corresponda en ese momento. No es conveniente empezar proyectos que minen la fuerza de la AE, por atractivos que parezcan. Asimismo, debe considerarse que la estrategia está conformada por los proyectos que permiten ir cubriendo los objetivos particulares y además aseguren un uso óptimo de los recursos que la empresa asigna a esa actividad.

Aunque la probabilidad de alcanzar el éxito técnico no es un parámetro medible ciento por ciento, siempre se buscará alcanzar los rendimientos técnicos exigidos en las especificaciones del proyecto. La viabilidad técnica es un parámetro importante dentro de la selección de proyectos. Si existe desconfianza respecto a la probabilidad de alcanzar el éxito, lo más común y recomendable es rechazar el proyecto, hasta no tener una mayor confiabilidad. Con frecuencia esta viabilidad es un problema de tiempo y en consecuencia lo importante es considerar si el proyecto es factible, cuánto dinero hay que invertir en él y cuándo quedará concluido. Entre los factores de evaluación, los datos sobre tiempo y costo de desarrollo de los proyectos son igualmente importantes y son los que dan la pauta sobre la viabilidad económica y su repercusión sobre los demás proyectos de la AE.

No hay que olvidar que el coordinador o director de la AE, tiene que obtener el dinero para costear el nuevo proyecto del presupuesto anual que le fue otorgado, y a no ser que tenga una importancia excepcional y ello le permita conseguir partidas extras, tiene que ajustarse a los límites de sus presupuestos y de sus recursos tanto materiales como humanos.

Dentro del aspecto de recursos humanos deberá valorarse el tiempo de aprendizaje que se requiere para alcanzar el nivel de conocimientos necesarios para realizar el proyecto en cuestión. Así mismo, es necesario estimar el costo de ese aprendizaje, el tiempo invertido en él y la probabilidad de éxito en la consecución de los objetivos del proyecto.

c) Las finanzas de la empresa.

Cuando se consideran los aspectos financieros de un proyecto determinado es importante distinguir entre el beneficio final y las exigencias financieras que plantea antes de comenzar a producir dichos beneficios. Una estimación muy favorable sobre la rentabilidad de un proyecto puede llegar a despreciar el flujo de recursos financieros necesarios para su consecución, sobre todo en el caso muy probable de una escalada de costos.

Aquí es importante reconocer dos aspectos: su viabilidad económica, que se refiere a la rentabilidad del proyecto es decir, en términos de dinero el costo/beneficio que se va a lograr; el otro aspecto es el flujo de caja necesario para la realización del proyecto hasta que éste comience a retribuir beneficios.

Cuando se tiene un flujo de caja que represente un proyecto, desde el momento en que se da comienzo al proyecto existe un deslizamiento negativo hasta el momento de alcanzar un máximo negativo que es el momento de la implantación del proyecto. Posteriormente se comienza con la recuperación de la inversión hasta alcanzar lo que se llama el punto muerto financiero y finalmente la obtención de beneficios. Al directivo de finanzas lo que le interesa es la magnitud de los costos y su distribución en el tiempo, ya que, suponiendo que la viabilidad económica del proyecto no ofrezca duda alguna, su problema consiste en que dispondrá de dinero cuando éste haga falta.

d) La planta productiva o de servicio.

En la evaluación de un proyecto deben considerarse diferentes aspectos en lo que se refiere a las perturbaciones que puede provocar sobre él o los procesos o equipo concurrente. Este se refiere, en primer término, a las implicaciones que puede tener sobre la productividad. Es de esperarse que si un proyecto va a mejorar en una cierta medida el uso de algún energético, mejore la productividad y no que la disminuya. Sin embargo, deberá evaluarse esa alternativa para poder decidir sobre la supervivencia del proyecto. Si un proyecto implantado mejora una cierta actividad, deberá evaluarse qué implicaciones puede tener sobre el equipo o proceso adyacente de suerte que no distorsione los tiempos y movimientos del mismo.

Otro aspecto que se deberá tener presente es el impacto que pueda tener sobre la calidad de los productos manufacturados o del servicio otorgado. En este sentido cualquier modificación al proceso puede hacer que disminuya la calidad de un producto más que aumentarla, por lo que deberá tenerse sumo cuidado durante la selección de un proyecto.

e) El entorno.

Durante la selección de un proyecto es cada vez más importante considerar las implicaciones que éste puede tener sobre la biosfera para no alterar el equilibrio ecológico. Muchos productos y procesos están siendo el foco de atracción para el ataque por parte de los técnicos del medio ambiente (ecólogos). Algunas emisiones son prohibidas por la ley y otras toleradas, sin embargo, deberá siempre considerarse dentro de los criterios de decisión que el proyecto contribuya a la disminución de la afectación del entorno.

El uso racional de la energía trae beneficios colaterales a la mera disminución en los costos por energéticos y éstos son el aumento de la vida útil del equipo, pero sobre todo, la disminución en el impacto ecológico por parte de las empresas al disminuir las emanaciones hacia el ecosistema.

II.3.4. Evaluación Técnico Económica de Proyectos.

Dentro de un programa para el uso racional de la energía es imprescindible que se contemple la evaluación técnico-económica de cada uno de los proyectos alternativos en función de los beneficios que puedan alcanzarse con su implantación. Los análisis financieros son particulares de cada empresa, sin embargo, los procedimientos generales y el tipo de información requerida son esencialmente uniformes para todo tipo de firma. Dado que la información desprendida de un análisis de esta índole resulta importante en la toma de decisiones, esta actividad deberá desarrollarse invariablemente sin excepción del tipo de empresa¹.

La principal motivación que se tiene para invertir en sistemas para disminuir los consumos energéticos es que se espera que los beneficios resultantes sean superiores a los costos de inversión. Los factores que recientemente han hecho atractivas estas inversiones son la elevación de los costos de los combustibles y energía eléctrica, así como la reducción de fuentes ordinarias de combustibles, que pueden llegar a producir disminución de la producción y la necesidad de cambio a otras fuentes de energía. Además, los altos índices de contaminación que invitan a la reglamentación de emisiones al ambiente y los costos, cada vez mayores, de mano de obra hacen que los directivos consideren con mayor cuidado la forma en que puedan controlarlos.

Para evaluar la conveniencia de una inversión se necesitan mediciones de costos para comparar con los beneficios. Por ejemplo, la Tabla II.1 muestra el tipo de costos que pueden surgir con un sistema para recuperar el calor de desperdicio en un proceso determinado⁴. De la Tabla puede apreciarse que los costos pueden comenzar aún antes de que el sistema sea instalado, extendiéndose a lo largo del período de operación continua de la planta. En este caso, la partida principal de costo es probablemente la adquisición e instalación de la unidad (cambiador de calor) y resulta relativamente fácil de estimar.

Es necesario señalar que en el análisis de inversión sólo sean incluidos aquellos costos y beneficios atribuibles a esa inversión. Es decir, si una planta requiere por mandato (o por ley) agregar un aparato para el control de la contaminación, la decisión de agregar un sistema de recuperación de calor de desperdicio no debe estar influenciada por los costos del controlador. Esto tiene como objetivo evaluar, estrictamente hablando, sólo los costos-beneficios que aportaría un sistema para el uso racional de la energía y no el conjunto de acciones para el mejoramiento de la planta. Esto no requiere decir que al final no puedan conjuntarse, al contrario, a veces resulta conveniente que después de hacer evaluaciones separadas éstas se conjunten para evaluar los beneficios y costos globales.

Las Tablas II.2 y II.3 sirven como formato para realizar un concentrado de la evaluación financiera y técnica de cada uno de los proyectos alternos¹. En éste se agrupan tanto los costos de inversión como los gastos de operación. Incluye las características globales sobre el potencial de ahorro y los costos adicionales que

puedan surgir por su implantación, tiempo de recuperación de la inversión y beneficios y/o problemas derivados del mismo.

TABLA II.1

**TIPO DE COSTOS Y BENEFICIOS REPRESENTATIVOS
DE UNA INVERSION DE RECUPERACION DE CALOR DE DESPERDICIO
(en miles de pesos)**

TIPO DE COSTO	MONTO DEL MOVIMIENTO	EQUIVALENTE PRESENTE	EQUIVALENTE ANUAL	OBSERVACIONES
Planeación para la recuperación de calor de desperdicio	-2000	-2644	-527	ICS=15½/2 años RUC=15½/10 años
Compra e instalación del recuperador	-20000	-20000	-3986	RUC=15½/10 años
Costo del paro del proceso	-5000	-4384	-867	VPS=15½/10 años RUC=15½/10 años
Aumento neto en costo de operación y mantenimiento del recuperador por año	-1000	-5019	-1000	VPU=15½/10 años
Sustitución y recambio de partes	-2000	-752	-150	VPS
Valor de recuperación del equipo al final de los años	7000	1730	345	FAU=15½/10 años
Ahorro anual de combustible (suponiendo que no existan cambios en el precio de combustible)	7000	35000	7000	VPO=15½/10 años
ICS: INTERES SIMPLE COMPUESTO				ROC: RECUPERACION UNIFORME DE CAPITAL
VPS: VALOR PRESENTE SIMPLE				VPM: VALOR PRESENTE UNIFORME
FAU: FONDO DE AMORTILACION UNIFORME				

Como es de suponerse, los costos pueden empezar a generarse aún antes de que se proceda a la implementación de alguna medida de las que requiera inversión.

TABLA II.2
CONCENTRADO DE EVALUACION FINANCIERA
 (FORMATO a)

DEPARTAMENTO O AREA: _____	
FECHA: _____	DIRECTOR DEL PROJ.: _____
PROYECTO N°: _____	
TITULO DEL PROYECTO: _____	
DESCRIPCION DEL PROYECTO: _____	
LOCALIZACION: _____	
ENERGIA TOTAL AHORRADA	_____ MJ/año
COSTO DE ENERGIA	_____ Pesos/año
OTROS AHORROS	_____ Pesos/año
AHORRO TOTAL	_____ Pesos/año
GASTOS Y COSTOS	
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	_____ Pesos
- COSTOS DE PREINGENIERIA Y PLANEACION	_____ Pesos
- COSTOS DE EQUIPO Y MATERIALES	_____ Pesos
- COSTOS DE MODIFICACION	_____ Pesos
- COSTOS DE ESPACIO	_____ Pesos
- COSTOS DE TIEMPO DE SUSPENSION DE PROD.	_____ Pesos
- COSTOS DE INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA	_____ Pesos
- COSTOS DE MANTENIMIENTO	_____ Pesos/año
- ETC.	_____ Pesos
RECUPERACION DE LA INVERSION	_____ %
TIEMPO DE RECUPERACION	_____ meses

TABLA II.3

CONCENTRADO DE EVALUACION TECNICA (BENEFICIOS Y/O PROBLEMAS)
(FORMATO b)

DEPARTAMENTO O AREA: _____

FECHA: _____

PROYECTO N°: _____ DIRECTOR DEL PROY.: _____

TITULO DEL PROYECTO: _____

LOCALIZACION: _____

EVALUACION TECNICA: **BENEFICIOS Y/O PROBLEMAS**

ENERGIA CONSUMIDA ACTUAL _____ kJ/unid. de prod.
 ENERGIA CONSUMIDA POSTERIOR A LA IMPLANTACION DEL PROYECTO _____ kJ/unid. de prod.
 PRODUCTO(S) MANUFACTURADO(S) _____

CALIDAD DEL PRODUCTO	ANTES _____	DESPUES _____
TASA DE PRODUCCION	ANTES _____	DESPUES _____
SEGURIDAD	ANTES _____	DESPUES _____
CONTAMINACION	ANTES _____	DESPUES _____
MANTENIMIENTO-HORAS	ANTES _____	DESPUES _____
HOMBRE/MATERIALES	ANTES _____	DESPUES _____
SERVICIOS	ANTES _____	DESPUES _____
CONDICIONES DE TRABAJO	ANTES _____	DESPUES _____

OTROS BENEFICIOS Y/O PROBLEMAS _____

COMENTARIOS _____

APRECIACION DEL PROYECTO _____

AHORROS EN SERVICIO O MATERIA PRIMA

SERVICIOS O MATERIA PRIMA	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____

CONSUMO EXTRA DE SERVICIOS O MATERIA PRIMA

SERVICIOS O MATERIA PRIMA	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____

Es necesario considerar todos los costos y beneficios relacionados con cada posible inversión:

Tipos de costos:

- 1) Costos de ingeniería y planeación
- 2) Costo de adquisición del equipo
- 3) Costo de adquisición de adiciones o auxiliares al equipo existente
- 4) Costos de reemplazo
- 5) Costos de modificación y reparación de equipo existente
- 6) Costo de necesidades de espacio
- 7) Costo de la reducción de la producción o salida de servicio para permitir la instalación
- 8) Costos de ajustes
- 9) Costos de mantenimiento
- 10) Impuestos aplicables
- 11) Costos de seguros para los nuevos equipos o adiciones

Tipos de posibles beneficios directos:

- 1) Ahorro de combustible/electricidad
- 2) Reducción de costos de mantenimiento
- 3) Reducción en tamaño de equipos: menor costo de capital
- 4) Reducción de mano de obra de producción
- 5) Reducción de la contaminación ambiental
- 6) Mejor calidad del producto
- 7) Ingresos por venta de energía recuperada.

Por otro lado, debe prestarse atención al período de uso esperado, a la vida esperada del equipo concurrente y flexibilidad del equipo alternativo para las futuras modificaciones y expansiones.

Los métodos de evaluación pueden dividirse en dos tipos: *Métodos parciales de evaluación* y *Métodos de evaluación completa*.

MÉTODOS PARCIALES DE EVALUACION. Son los más simples procedimientos que pueden utilizarse para tener una apreciación inicial sobre la rentabilidad de una alternativa. No consideran todos los factores que intervienen en un análisis económico de inversiones, sin embargo efectúan una evaluación rápida y simple de alternativas, incluyendo el poder descalificar aquellas que resultan antieconómicas.

Dos de estos métodos a los que se hace referencia son:

- **Inspección visual.** Para aquellas inversiones cuyo costo es muy bajo y por simple inspección se ve que los beneficios son muy grandes.

- **Periodo de retorno simple.** Es la técnica de evaluación financiera más sencilla en su empleo y puede ser considerada como una medida del tiempo requerido para recuperar la inversión inicial

a través del ahorro generada por ella misma. Si el perfil de los ahorros es lineal, este indicador resulta de dividir el monto de inversión proyectada entre los ahorros anualizados que ilustre el flujo de efectivo neto y acumulativo a lo largo del tiempo (generalmente sobre un año, aunque empresas pequeñas con flujo de caja crítico pudieran recurrir al análisis mensual).

El periodo de retorno es una técnica universalmente empleada, posee la ventaja de ser fácil de computarse, y ofrece una visión razonable sobre los esquemas que se están estudiando, además que se puede asumir como un indicador de riesgo del proyecto, si reconocemos que mientras más cercano es el horizonte temporal de recuperación del gasto de capital, menor será el riesgo de fracaso financiero.

No obstante dos desventajas se le adjudican a esta teoría. Primero, no toma en cuenta la vida económica del equipo, y segundo, no tiene tratamiento para el fenómeno inflacionario.

MÉTODOS DE EVALUACION COMPLETA. Estos métodos para análisis financiero consideran los costos y beneficios totales a lo largo de la vida de una inversión, así como el flujo de efectivo en el tiempo mediante una tasa de rendimiento.

Algunos de estos métodos a los que se hace referencia son:

- **Método de valor presente neto.** Este método calcula la diferencia entre los beneficios y los costos, resultantes de una inversión resultantes al valor presente.

En principio, hay que anotar que el dinero como un recurso productivo posee un valor temporal, y de que este valor temporal puede ser explicado y expresado usando la fórmula del interés compuesto:

$$S = A(1 + r)^n$$

donde:

A = desembolsos inicial

S = Suma acumulada

n = Número de años

r = tasa de descuento

Adecuandola a nuestros propósitos, tal fórmula se puede replantear así

$$A = S(1 / (1+r)^n)$$

donde:

S = Economías esperadas en "n" años

r = tasa de interés

A = Valor presente de la suma dineraria recibida en "n" años

En el Valor Presente Neto (VPN), los ahorros anticipados son descontados cada año a una tasa fija, porcentaje que frecuentemente es comparado con la tasa de demanda de recursos para financiar costos de capital. En esta dirección, el flujo de efectivo acumulado a lo largo de la vida financiera del proyecto se calcula para indicar el VPN de la inversión.

Si el VPN al final de la vida financiera del proyecto es positiva, entonces la inversión producirá más que cierto nivel mínimo aceptable que la tasa de descuento.

Si la inversión de capital ha sido elevada a dicha tasa, el VPN final representa el superavit disponible al término de la vida financiera. La vida del proyecto tiene que ser menor o igual a la durabilidad del equipo y debería ser lo suficientemente largo dentro de una visión realista, de otra forma, parecería irracional.

La empresa debe determinar la vida teórica del proyecto en congruencia en congruencia con su categoría de que se trate. El período razonable para la demanda de inversiones energéticas debería ser de tres a cinco años, típicamente.

Es conveniente hacer análisis para distintas tasas de interés para evaluar la sensibilidad de los resultados.

- Método de evaluación por la Tasa Interna de Retorno. Este método calcula la tasa de interés que se espera que una inversión rinda. Difiere del método anterior en que en aquellos determinan el valor neto de la inversión utilizando una tasa de interés fijada con anterioridad. La tasa de interés esperada es aquella para la cual los beneficios, referidos a valor presente resultan iguales a los costos totales, referido a valor presente, es decir, cuando Beneficios/Costos es igual a 1. El criterio de selección de alternativas es elegir lo que resulta con la tasa de retorno más alta. La tasa interna de retorno se calcula mediante un proceso de prueba y error, en el que el flujo neto de efectivo se evalúa para varias tasas de interés hasta encontrar aquella que dé cero como resultado. En cierta forma, la TIR pudiera ser comparada con la tasa que sería aplicada al financiamiento de inversiones de capital.

- Método de la relación Beneficio/Costo. Este método explora los beneficios como proporción de los costos. Tanto los beneficios como los costos se refieren al valor presente o bien al valor anual equivalente y se establece la relación Beneficio/Costo

En este caso el criterio de aceptación es para aquellas alternativas cuya relación Beneficio/Costo resulte mayor que 1 o bien mayor que las demás.

Una desventaja de este método es el que la relación se ve influenciada por la decisión de clasificar alguna de las partidas como un costo o un no-beneficio de tal forma que al quedar en el numerador o denominador afecte el resultado de la relación.

Ejemplo:

$$B/C = (\text{Ahorros de Energía} + \text{Otros ingresos}) / (\text{Inversión} - \text{Valor de desecho} + \text{Costos de operación y Mantenimiento})$$

TASA TOPES Y OTRAS PERTURBACIONES. En la evaluación comercial de proyectos es convención asumir al periodo de retorno como una de las técnicas de descuento. La administración determinará ciertas metas (Periodos de Retorno dentro de tres años, TIR del 25%; etc) en orden de clasificar proyectos.

Por otra parte la evaluación financiera de proyectos se ve complicada por la inflación, (la cual plantea la distinción entre tasas normales o reales de rendimiento); la depreciación y el régimen fiscal.

Obviamente lo ideal sería establecer un dialogo con los contadores para formular el proyecto para prepararlo adecuadamente. Por ejemplo sería atinado programar al proyecto sobre dos años financieros para maximizar los beneficios impositivos o identificar un elemento del proyecto que requiera mantenimiento vital, en tanto que el resto puede ser sometido a consideración más tarde.

Para los técnicos energéticos sería más conveniente colocar los riesgos técnicos en un contexto, donde se observen casos para similares propósitos. Si los riesgos técnicos son anticipados, el costo del fracaso financiero puede ser estimado. Es precisamente en este nivel que las propuestas del producto pueden ser descartadas por razones no aparentes y es normalmente en la que la administración tiene alguna otra información desconocida para los técnicos energéticos.

Algunos ejemplos pueden ser un cambio esperado en el mercado, el desarrollo de un nuevo producto o adecuaciones sencillas que pudieran afectar al personal quienes serían responsables del proyecto.

Estas son las decisiones gerenciales cruciales que reflejan al proyecto ya su subsecuente impacto en la vida financiera global de la empresa. Obviamente sólo algunos de estos desarrollos pueden ser anticipados o planeados a nivel de la tasa evaluatoria pero son razones justificables para demorar o rechazar al proyecto.

Como se mencionó en la última sección del capítulo anterior, el aspecto económico puede ser el más delicado para determinar la aprobación o no de llevara acabo un proyecto de inversión para la conservación de la energía, dada la relativa novedad y por tanto de un sentimiento de mayor riesgo para la aplicación de capitales, los cuales, la gerencia debe administrar en el resto de la empresa como todo un negocio. Con la aplicación de estas técnicas de evaluación económica se puede hacer un mejor planteamiento de los proyectos en un protocolo de comunicación adecuado para el entendimiento y aprobación de la alta gerencia.

II.3.5. Presentación y Aprobación de Propuestas.

Para los fines del programa es necesario prever las épocas del año, mes o día en que se presentarán a los directivos de la empresa los diferentes proyectos alternativos para mejorar la operación energética en algún proceso de la misma. La forma de esta presentación, nuevamente, depende de las políticas de la empresa y su giro. Sin embargo pueden, en términos generales servir como guía los formatos mostrados en las Tablas II.3 y II.4, así como las Tablas II.1 y II.2 mostradas en el inciso anterior. La Tabla II.3 presenta un formato de concentrado de proyectos en el que se detallan los costos de capital de la inversión, los ahorros de energía, la razón de ahorro contra los costos de capital y la prioridad y el estado de avance de cada uno de los proyectos. La Tabla II.4 es muy similar a la anterior con la diferencia de que en ella se detallan los gastos del proyecto.

TABLA II.3

CONCENTRADO DE COSTOS, AHORROS DE ENERGIA Y AVANCE DE PROYECTOS

FECHA _____		DEPARTAMENTO O AREA: _____			
PROYECTO N°	DESCRIPCION GENERAL	ABORRO DE ENERGIA MJ/AÑO	COSTO DE CAPITAL \$	COSTO ESTIMADO GASTADO \$	ETAPA/N° ETAPAS AVANCE

TABLA II.4

CONCENTRADO DE COSTOS, AHORROS DE ENERGIA Y GASTOS DEL PROYECTOS

FECHA _____		DEPARTAMENTO O AREA: _____			
PROYECTO N°	DESCRIPCION GENERAL	ABORRO DE ENERGIA MJ/AÑO	GASTO DE CAPITAL \$	GASTO DE CAPITAL \$ (ACTUAL)	AVANCE OBSERVACIONES

II.3.6. Implantación del Proyecto.

En el momento que los directivos de la empresa aprueban algún proyecto comienza su etapa de implantación. Para ello se requiere de una planeación específica para evitar romper con un programa de producción u operación determinado. Los paros en una operación dada deben ser en consecuencia, programados.

II.3.7. Puesta en Marcha del Proyecto y Diagnóstico.

Como en toda nueva instalación o modificación de las actuales, de acuerdo con el proyecto implantado se efectúan las pruebas preliminares de operación las cuales deben ser, sin duda, programadas. Estas pruebas permiten diagnosticar la operación práctica de dicha instalación y de esta forma efectuar un análisis comparativo entre lo previsto por el proyecto y los resultados prácticos.

Es frecuente encontrar equipos que han sido innecesariamente sobredimensionados con el objeto de asegurar que cumpla con los requisitos solicitados (el diseño se multiplica por un factor de seguridad). Esto, con cierta frecuencia, causa que la operación sea discordante con el diseño y, en consecuencia, consume más energía o recupera menos de la esperada.

El proceso de diagnóstico de los proyectos instalados es descrito en el capítulo dedicado a ese tema. En esta etapa se desarrollan más evaluaciones de resultados y se efectúan menos cálculos técnico-económicos para determinar los ahorros reales de energía y, en consecuencia, el incremento de la utilidad de la empresa.

En lo que respecta, a las actividades que el Comité deberá realizar en forma paralela se encuentran los siguientes.

II.3.8. Planificación de Actividades Secuenciales.

En esta etapa, la principal dentro de un programa para el uso racional de la energía, se planean, prevén y programan las actividades mencionadas en el apartado anterior. En este rubro se debe hacer notar que no es necesario que toda una serie de actividades secuenciales llegue a su término, para que otras sean programadas. Esto es, que pueden irse programando un conjunto de actividades a desarrollarse paralelamente para así cumplir con los objetivos planteados.

II.3.9. Evaluación por Etapas.

Cada una de las acciones que surjan de los diagnósticos y conlleve a la proposición de proyectos específicos, deberán ser objeto, por parte del Comité, de un seguimiento estricto,

elaborando para ello los formatos de evaluación, registro de avance y estadísticas tanto de los proyectos como de los consumos energéticos. Las Tablas II.5 y II.6, muestran un ejemplo de la estructura que podrían tener esos formatos. Esta es una de las actividades en las que se debe tener mayor cuidado pues de ella depende que el programa tenga continuidad y por lo tanto éxito en sus objetivos. Este tipo de evaluación y registro permite a su vez identificar las áreas problemáticas a fin de concentrar los esfuerzos en ellas. Finalmente sirven para dar un seguimiento cercano sobre el avance y la efectividad de las acciones emprendidas y así determinar si los programas específicos dan los resultados esperados.

Planear y programar una actividad específica para el ahorro de energía deberá ser objeto de una evaluación costo-beneficio para así determinar la conveniencia de su implantación. La evaluación de una medida o acción emprendida deberá ser hecha en función de los beneficios que se puedan lograr dentro de tres aspectos: técnico, económico y social. En el aspecto técnico deberá tomarse en cuenta el que no afecte a la calidad del producto; en todo caso que la mejore, que no sea disminuida la cantidad del producto por unidad de tiempo y que no aumente el riesgo en la planta y por supuesto que haya una reducción en los consumos energéticos. En lo que respecta a lo económico, es necesario enfatizar que el costo de la o las inversiones sea recuperado en un corto plazo vía el beneficio obtenido en la disminución del consumo energético. Por otro lado es importante evaluar los beneficios totales a valor presente de cada una de las alternativas que se propongan para una acción determinada, y con ello, seleccionar la que mejor convenga. La evaluación de los beneficios sociales, quizá los que en la mayoría de las veces son considerados sin interés, son de igual importancia que los dos primeros, pues éstos no solamente contribuyen a la culturización de la empresa sino también a mejorar su entorno ecológico y social.

II.3.10. Supervisión de Actividades.

Una de las actividades importantes del Comité es la supervisión, actividad que es característica de toda administración. De suerte que el aspecto de supervisión no quede al azar del tiempo disponible a los miembros del Comité, ésta deberá igualmente programarse, para que en cada periodo de tiempo bien definido se efectúe esta actividad.

Al mismo tiempo sirve para llevar un control sobre los avances del programa detectar los problemas que eventualmente puedan provocar un retraso y tener la información adecuada para prever y poder programar actividades futuras.

TABLA II.5

FORMATO PARA LA EVALUACION DE AVANCE DE PROYECTOS

AREA: _____		FECHA DE EVALUACION: _____				
PROYECTO N°	ACTIVIDAD N°	COSTO TOTAL DE LA \$	COSTO DE LA ACTIVIDAD †	COSTO ACTUAL †	PORCENTAJE DE AVANCE	OBSERVACIONES
1	1					
	2					
	3					
	4					
2	1					
	2					
	3					
	4					
3	1					
	2					
	3					
	4					

† de Avance del Proyecto N° 1:
 † del Costo estimado del Proyecto 1:
 † de Avance del Proyecto N° 2:
 † del Costo estimado del Proyecto 2:
 † de Avance del Proyecto N° 3:
 † del Costo estimado del Proyecto 3:

TABLA II.6

FORMATO PARA EL REGISTRO ESTADISTICO DE ENERGIA POR UNIDAD DE PRODUCCION

FECHA	UNIDAD DE PRODUCCION	ELECTRICIDAD kWh kJ	GAS NATURAL m³ kJ	DIESEL m³ kJ	CARBON ton kJ	FACTOR DE PRODUCCION	MEDIDA DE PRODUCCION	CANTIDAD DE PRODUCCION	ENERGIA UTILIZADA POR UNIDAD DE PRODUCCION kJ/UNIDAD
1/3/92	1								
	2								
	3								
	4								
15/3/92	1								
	2								
	3								
	4								

II.3.11. Integración de Programas de Apoyo.

Esta actividad es eventual y depende del número y dificultad de las actividades programadas. La integración de grupos de apoyo depende del tamaño de la empresa. El Comité deberá conjuntar un grupo que le ayude a desarrollar algunas de sus actividades (v. gr. evaluación de ingeniería técnico-económica, supervisión, etc.) y así, además de facilitarle su labor, cumplir con los objetivos en el tiempo programado.

II.3.12. Subprograma de Concientización y Motivación para el Uso Racional de la Energía.

La AE en las empresas o instituciones deberá contar, además del programa técnico de uso racional de la energía, con un subprograma de concientización; la participación conjunta de todo el personal de diferentes niveles dará mejores resultados. De esta forma, aquellos que contribuyan y se sientan coparticipes en la planeación e implantación de los detalles del programa seguramente se sentirán orgullosos de los resultados.

Uno de los primeros objetivos que se deben buscar es desarrollar en los empleados una actitud propositiva respecto a la importancia que tienen los energéticos en el desarrollo de las actividades tanto laborales como cotidianas. Otro de estos objetivos es motivar al personal de la empresa a que practique, en toda ocasión, el ahorro y conservación de la energía, participando en el PURE.

En un subprograma de concientización se deberán contemplar principalmente cuatro actividades:

- a) Cursos, conferencias, pláticas, etc.
 - b) Publicidad interna y externa.
 - c) Incentivos y reconocimientos.
 - d) Actividades diversas (películas, visitas, convivios, etc.).
- a) Cursos, conferencias, pláticas.

El objetivo respecto a cursos, conferencias, pláticas, etc. es básicamente capacitar, actualizar y concientizar respecto al uso de los energéticos y las ventajas que trae consigo el emplearlos de manera eficiente. Es evidente que un conocimiento más profundo de los energéticos, de su potencialidad y de los beneficios que se obtienen de éstos dé como resultado un uso más consciente de ellos y por lo tanto un beneficio económico para la empresa, que redunde en un beneficio para el empleado mismo.

Los cursos serán dirigidos a todos los niveles: obreros, supervisores, jefes de departamento y gerente; así mismo serán de temas diversos aunque enfocándolos principalmente al ahorro y conservación de la energía. Es recomendable que los cursos, conferencias y pláticas se programen con una frecuencia bien

determinada para que todos los empleados, conociendo el programa anticipadamente, participan activamente.

b) Publicidad interna y externa.

El uso adecuado de la comunicación oral, escrita y audiovisual es de gran ayuda para sensibilizar al personal en relación con la importancia del tema. Esto es en sí el objetivo de la publicidad interna. En este rubro podrán contemplarse actividades tales como: carteles alusivos, cartas personales, calcomanías, pláticas informativas, boletines, revistas (o información en una revista interna ya existente), etc. En los boletines y revistas puede incluirse información sobre la participación que hayan tenido los empleados ya sea con ideas o con proyectos para hacer un uso racional de la energía en alguno de los sectores; fotografías e información sobre los ahorros alcanzados por cada departamento y la empresa en general.

Con objeto de llevar al exterior los logros alcanzados en la empresa y hacer de ésta un líder en el campo del uso racional de la energía y, sobre todo, mostrar los beneficios alcanzados con las medidas instrumentadas, se deberá realizar difusión al exterior de la propia empresa. Esto puede ser logrado a través de revistas de cámaras industriales, revistas promocionales de productos de un conjunto de empresas, diarios de circulación nacional, artículos promocionales (plumas, lápices, cerillos, llaveros, agendas, etc.), seminarios, etc., en donde se informará sobre los ahorros alcanzados, beneficios obtenidos y técnicas empleadas.

Esto último, además de tener un beneficio adicional para la empresa, redundará en una motivación a aquellas compañías que no han iniciado ninguna actividad al respecto y por ende en un beneficio para el país.

c) Incentivos y reconocimientos.

La AE estará en cierto grado dependiente de las ideas creativas espontáneas para resolver un problema determinado o un problema no identificado. Los actos creativos no pueden ser programados ni planificados, sin embargo, cae dentro de la coordinación el aumentar la probabilidad que éstos ocurran. Las ideas son de gran importancia, al grado de transformar empresas completas. Es por ello que las empresas estarán interesadas en la generación de ideas para satisfacer una necesidad determinada o algún objetivo dado.

Un buzón de sugerencias produce con frecuencia ideas muy valiosas que al implantarse redundan en una disminución del consumo energético. El debido reconocimiento a ese esfuerzo es la clave del éxito de esta técnica. Los incentivos pueden ser de índole económico ponderado en función del índice de ahorro (potencial de ahorro de energía contra costo de la inversión) o bien en función del índice de producción (energía/producto producido).

Los reconocimientos son generalmente documentos en los que se extiende agradecimiento por el esfuerzo y el entusiasmo con el que se desarrolla una cierta actividad. Esta puede ser el otorgamiento público de un diploma, de un bien poco costoso, o con la publicación de un artículo en una revista en donde sobresalga la actividad desarrollada y eventualmente la fotografía del autor.

d) Actividades diversas.

Dentro de este rubro se contemplan todas aquellas actividades adicionales que se propongan en beneficio de una mayor concientización y motivación para el uso racional de los energéticos.

Aquí se pueden mencionar el desarrollo de competencias positivas interdepartamentales, secciones o grupos dentro de la empresa. Aquellas acciones que promuevan este tipo de competencias deberán ser apoyadas dentro del mismo programa.

La competencia sana es uno de los mecanismos que promueve y alienta el mejor desarrollo de las actividades. Es por ello que un programa que contemple la competencia tendrá mayor éxito.

Otra actividad que apoya el subprograma de concientización es el convivio entre trabajadores. Este tiene como objetivo intercambiar ideas y experiencias; de esta forma, se enriquecen y, algunas veces, se redondean ideas nacientes.

II.4. EL CONTROL DE LA GESTION ENERGETICA.

La coordinación del PURE opera bajo condiciones que varían continuamente, lo cual requiere una revisión constante de la totalidad del programa, así como de una nueva valoración periódica de sus partes integrantes respecto a la contribución que cada una de ellas presta. Esto es contrastante con los problemas que se le presentan a las gerencias de otros departamentos quienes, una vez tomadas sus decisiones, suelen mantenerlas por largo tiempo aunque tengan que modificar sus planes cada cierto tiempo para responder a los imprevistos, normalmente estarán en condiciones de prever qué tipo de cambios pudieran ser necesarios y de proponer planes eventuales. Por otro lado, la incertidumbre con que se enfrenta suele provenir de variaciones circunstanciales que se sustraen al control directo por parte de la empresa como nuevas disposiciones oficiales, cambios en las políticas energéticas, variación en los tipos de interés o en los tipos impositivos, disminución o aumento de la demanda, incremento en los precios de la materia prima, etc. Sin embargo, la Administración de la Energía se ve rodeada de elementos inciertos, tanto del interior como del exterior. En cualquier momento puede surgir un problema técnico imprevisto que le obligue a retrasar o cancelar el proyecto o a reorganizar la asignación de recursos no sólo en el proyecto en cuestión, sino en toda la coordinación, debido a la interacción que comúnmente existe entre los proyectos que obtienen el presupuesto de un fondo común.

Por esto, al considerar la planificación y control de un programa de esta índole, no hay que olvidar que se trata de manejar una situación dinámica. Antes de adoptar cualquier plan o decisión, hay que recurrir a la mejor información que se disponga en ese momento. Al ser un proceso dinámico y continuo, va surgiendo nueva información, parte de la cual quizá invalide decisiones adoptadas poco tiempo antes. Por eso, el sistema de planificación y control debe ser lo suficientemente flexible para adaptarse a las frecuentes modificaciones que se producen, sin desmembrar el plan de trabajo. Esto no significa que no puedan implantarse sistemas formales de control, sino que lo dinámico del proceso exige un grado de mayor atención que otras actividades.

Es común, en cualquier administración, valorar cada uno de los proyectos a través de un cierto número de factores antes de tomar una decisión. Para la Administración de Energía, en donde se desarrolla un ambiente de innovación y una estructura altamente técnica, se recurre a un sistema de planificación y control para la gestión diaria del programa en el que se debe centrar la atención en los siguientes elementos esenciales:

- Definición del proyecto.
- Planificación de la cartera de proyectos.
- Planificación del proyecto.
- Información y técnicas de control.
- Gestión de los recursos.

Las técnicas de control, basan sus medidas en la planificación de las diferentes actividades que se desarrollan para el URE. Por ello es importante reconocer las características y especificaciones de cada rubro.

II.4.1. Definición del Proyecto.

Es en la definición clara del objetivo que se pretende conseguir donde inicia un proyecto y respecto al cual se establece la medida del éxito. Puesto que el éxito, en último término, descansa en la disminución, mejor uso o uso óptimo de la energía, hay que definir claramente los objetivos en términos de la cantidad de energía o utilidades a que se pretenden llegar, aunque vayan modificados por la valoración de dichas necesidades según la probabilidad de lo que técnicamente se pueda conseguir en la práctica.

Cada uno de los problemas energéticos tiene una o varias soluciones y las características principales de éstas pueden expresarse en función de cuatro variables interrelacionadas: dimensiones del problema, costo de la solución, exigencias técnicas de rendimiento y tiempo. Asimismo, la mayor parte de las soluciones se pueden ofrecer bajo diversas formas diferenciándolas por su rendimiento, costo y fecha de instauración.

Es importante tener especial cuidado en la valoración del rendimiento técnico que requiera o que exija el problema en estudio; pues muchas veces el entusiasmo del técnico por conseguir un alto rendimiento lleva a perseguir objetivos exagerados que no tienen su base en una valoración realista de lo que realmente exige el problema. Un rendimiento técnico excesivamente bueno, aumenta casi inevitablemente los costos tanto de investigación y desarrollo como de instalación y además prolonga el período de instauración, con lo cual disminuye la rentabilidad del proyecto. Al intentar obtener resultados que excedan las especificaciones actuales, incluyendo características correspondientes a las necesidades de una segunda generación u obteniendo versiones "exageradas" en un proceso dado, representa indudablemente una inteligente anticipación del futuro, mas no debe ser una decisión unilateral por parte del técnico, pues afecta a la planificación del proyecto o a sus costos. Probablemente haya razones para satisfacer las necesidades futuras con un rendimiento superior; si este es el caso debe responder a una decisión consciente a partir de adecuadas consideraciones tanto técnicas como económicas.

Cuando se refiere al proyecto por primera vez suele ser necesario especificar las características de la solución a la que se desea llegar dentro de los límites impuestos por la incertidumbre. A medida que el proyecto avanza, mejora la información obtenida y se puede reducir la incertidumbre hasta que coincidan casi exactamente con las exigencias previstas; por ejemplo, en los diagnósticos preliminares y cuyas necesidades hayan sido identificadas con mayor precisión durante el desarrollo del proyecto. De esta forma, la definición del proyecto va circunscribiéndose cada vez más exactamente sobre la solución al problema planteado.

Aquí cabe mencionar que un diagnóstico energético tiene la categoría de proyecto, el cual, dependiendo de la magnitud de la empresa o bloque por estudiar, debe seguir el mismo proceso que cualquier proyecto, ya que estos diagnósticos, también deben desarrollarse con una cierta metodología y meticulosidad según el caso y los niveles de estudio a los que se desee llegar. Además éstos también tienen un costo en función de los parámetros antes señalados.

Es fundamental que en la etapa inicial del proyecto se centre la atención en el problema-objetivo, más que en su solución. Es el momento de realizar una investigación profunda sobre las soluciones alternativas y aplicar la reflexión creativa al problema. De aquí pueden surgir preguntas lógicas que conduzcan a una respuesta más concreta, tales como: ¿qué es lo que se ha de conseguir?, ¿cómo se puede trasladar a la práctica? y ¿qué alternativa se muestra más prometedora? Posteriormente, es necesaria una investigación exhaustiva para elegir la definición del proyecto más interesante. De acuerdo con lo mencionado se puede prestar atención a los detalles técnicos y a la especificación del programa de trabajo que debe emprenderse.

Debido a este proceso, la definición del proyecto debe ser concisa y expresada en tal forma que no coarte la creatividad de innovación del equipo técnico para proponer nuevas soluciones. Además, debe determinar los criterios que conlleven a los objetivos de planificación en todas las tareas del proyecto y sobre todo fijar en una forma concisa la orientación hacia el rendimiento técnico que se exige, las limitaciones presupuestales (que limitan el costo) y la duración del proyecto.

II.4.2. Planificación de la Cartera de Proyectos.

La Cartera de proyectos de la coordinación del PURE estará compuesta por un conjunto de proyectos grandes y pequeños; unos por iniciarse y otros por finalizar; cada uno de éstos requiere de una asignación de recursos, frecuentemente escasos, en función de sus propias características. Dado este continuo manejo de proyectos, la cartera es una continua variación tanto en número como en recursos requeridos. El coordinador del programa o administrador de energía, no debe planificar y luego avocarse al cumplimiento del programa, sino que la planificación y replanificación deben ser continuas. Sin embargo, la cartera debe tener una cierta configuración y estabilidad para que el programa transcurra, en la medida de lo posible, sin altibajos.

El objetivo de una planificación de la cartera de proyecto es esencialmente obtener el flujo de nuevos procesos o mejoras necesarias para conseguir el objetivo general que se persigue con un programa de esta índole y, por supuesto, en el momento en que sea preciso. Esto debe conseguirse dentro de los límites que marca el presupuesto asignado. De esta forma, es vital planificar la cartera de proyectos de suerte que los recursos disponibles se utilicen en forma óptima y el avance de éstos no se vea afectada por falta de recursos.

Suele suceder que la cartera de proyectos esté restringida por la dimensión del presupuesto asignado o bien por la naturaleza de los recursos disponibles, por lo que el coordinador del programa debe prever y estar constantemente atento a estos sucesos. Hasta cierto punto es difícil obtener una ampliación del presupuesto; no obstante con una justificación adecuada con proyectos óptimos se puede conseguir una ampliación temporal de disponibilidad financiera que le permite a corto plazo resolver un problema dado. La realización de un estudio sobre los proyectos propuestos pudiera sugerir un conjunto apropiado de personal o equipo poco utilizado, sustituyéndolo por otro. Pero esto lleva su tiempo y, la mayoría de las veces, en los intentos prácticos para equilibrar la cartera de proyectos hay que suponer que la posibilidad de obtener los recursos necesarios es limitada. Por lo tanto es necesario elegir el conjunto que emplee los recursos en forma más eficiente.

Existen una serie de parámetros que permiten definir la cartera de proyectos, entre ellos destacan por supuesto el número, la dimensión de cada uno, su importancia y prioridad.

A primera vista es normal pensar que no todos los proyectos propuestos tienen que ser incluidos en la cartera, pues los recursos con que cuenta la coordinación son limitados. Para la selección, además de considerar los factores relativos a los beneficios y riesgos que conlleva cada proyecto, debe considerarse como primer acercamiento el presupuesto total de la coordinación para el período establecido.

Existe una relación aproximada para determinar el número de proyectos que pueden ser incluidos en la cartera; sin mencionar aún, cuales de ellos. Este número depende esencialmente de la dimensión de los proyectos; como una función de la cantidad de recursos necesarios para su realización y de su duración, esto es:

$$\text{No. Proyectos} = \frac{\text{Presupuesto Total}}{\text{Dimensión media de los proyectos/duración media de los proyectos.}}$$

Esta es una forma de equilibrar la cartera de proyectos; el coordinador del programa puede escoger su ritmo de avance, así como el número de ellos a realizarse simultáneamente; hay dos alternativas extremas: centrarse en unos pocos o repartir los recursos entre un gran número de proyectos.

En este punto entra el factor de riesgo con respecto a la cartera de proyectos; una cartera que esté constituida principalmente por grandes proyectos es más riesgosa que aquella constituida por un gran número de proyectos pequeños. De acuerdo con las estadísticas de investigación y desarrollo en los países industrializados se señala que sólo un 10% de los proyectos finalizan con éxito. Es de pensarse que una cartera que tenga un sólo proyecto, únicamente tiene la probabilidad de un 10% de éxito. Si bien esta estadística no es completamente aplicable al caso que nos compete, da una pauta de que a medida que aumenta el número de proyectos, aumenta también la probabilidad de que un número mayor de ellos termine con éxito. Es además aceptable, dentro de niveles adecuados de riesgo, el poder incluir en la cartera proyectos que tengan un riesgo mayor y utilidades potenciales mayores que los que podrían permitirse tratándose de un proyecto aislado.

Los argumentos que favorecen a los proyectos pequeños pueden contraponerse con otros factores. Los proyectos pequeños (que requieren de pocos recursos) frecuentemente dan lugar a resultados reducidos, es decir a "pequeños beneficios". Aunque el objetivo primordial es maximizar la razón utilidad/costo, la probabilidad de encontrar un proyecto con grandes oportunidades de mejorar el índice de consumo energético (consumo energético por unidad de producto) y con un alto margen de beneficio a un bajo costo de desarrollo es muy reducida.

Por otro lado se encuentra el ritmo de asignación de recursos a los proyectos y la periodicidad de éstos. Se pueden concretar los esfuerzos en un número reducido de proyectos por un tiempo reducido o bien trabajar en un número mayor de proyectos en un tiempo más largo. Las ventajas de efectuar proyectos en serie superan a aquellos correspondientes a los proyectos que se atacan paralelamente. Por ejemplo, si se tienen dos proyectos, con flujos de caja similares, que se pueden ejecutar en serie o paralelo se encontrarán mayores ventajas para el caso de la ejecución en serie. Si suponemos que ambos proyectos tienen un tiempo de vida media igual, y que para su implantación conjunta se requieren 12 meses, se puede apreciar, de acuerdo con la Figura II.1a que es a partir del final del doceavo mes que se comienzan a observar los beneficios. Para el caso en que se realicen en serie, mientras no existan razones técnicas que impidan acabarlos en seis meses cada uno, dada la disponibilidad de recursos necesarios, todo el esfuerzo se dirige en todo momento a un sólo proyecto (Figura II.1b). La implantación del proyecto A se realiza al cabo de seis meses y, es a partir de esta fecha, que se comienzan a obtener mayores beneficios. En caso de que el proyecto A sufra un retraso no hay gran problema pues sólo se ajusta el comienzo del proyecto B. Para el proyecto B, al iniciarse seis meses más tarde, se podría, en un momento dado, contar con mayor información para su inicio. El flujo de caja mejora notablemente del sexto al doceavo mes aunque se observa que en los primeros seis meses empeoró ligera y finalmente, el flujo de caja total y la razón costo/beneficio es más favorable en los dos proyectos.

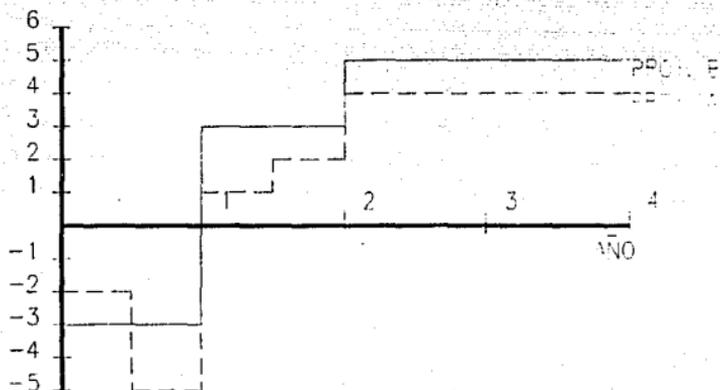
El ejemplo anterior, aunque sencillo, pone de manifiesto las ventajas que se pueden lograr mediante una reducción del número de proyectos en que se trabaja y, en un momento dado, puede justificar un incremento en los recursos de la coordinación de URE para acelerar un proyecto determinado. Asimismo, es conveniente seleccionar los proyectos más extensos pero que constituyan un número suficiente para distribuir el riesgo aceptablemente y una utilización eficaz de los recursos.

II.4.3. Planificación del Proyecto.

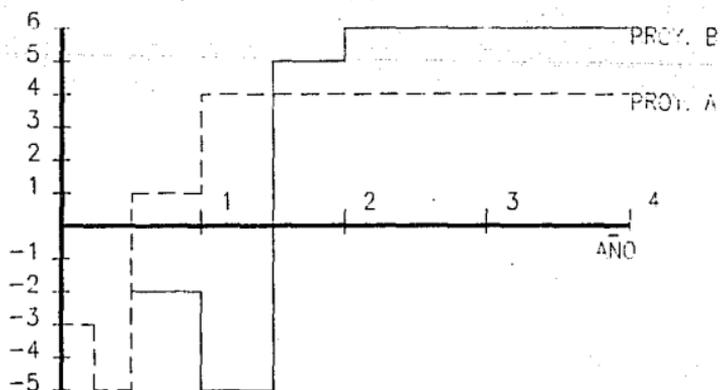
La planificación del proyecto tiene como finalidad marcar las etapas de desarrollo, el período de ejecución y con ello estimar los costos de cada tarea y los recursos necesarios. Dentro de un primer paso se realiza una planificación general para que ésta sea tan flexible como sea posible. Esto es con el objeto de acoplarlo a las exigencias impuestas por los otros proyectos a fin de asegurar que las necesidades de cada tipo de recurso queden dentro de niveles adecuados. Con frecuencia, se presentan dificultades y se requiere modificar los planes iniciales para ajustar las necesidades de recursos totales; a veces esto se puede conseguir con una nueva programación de las etapas del proyecto sin necesidad de cambiar la fecha de terminación, otras veces, no hay más remedio que alargar la duración para evitar interferencias entre los proyectos. Dados los problemas que puedan surgir durante la

FIGURA II.1
 FLUJO DE CAJA PARA DOS PROYECTOS

a) DESARROLLO EN PARALELO



b) DESARROLLO EN SERIE



ejecución de los proyectos y la dificultad de detallar las necesidades con cierto grado de precisión, lo más que puede ser logrado en la fase de planificación es poner de manifiesto las discrepancias más importantes que los planes deben de evitar.

Estando acordadas las líneas generales de asignación de recursos a un proyecto determinado, se puede comenzar entonces una planificación más detallada. Como suele ser frecuente modificar el plan original varias veces durante la vida del proyecto, hay que prever revisiones periódicas. De esta forma, será necesario determinar los sucesos claves de proyecto y planificar el programa de trabajo para que en esos momentos esté lista la información necesaria para su control y evaluación. Asimismo se debe establecer un mecanismo que asegure, en un momento dado, que cuando no vayan bien las cosas entre dos eventos de control no se le asignen recursos al proyecto sin antes efectuar una nueva valoración. Diversos problemas no previstos ocasionarán desviaciones, pero lo importante en este caso es la terminación del proyecto sin perder de vista el objetivo planteado. Las consecuencias de todas las desviaciones al plan hay que considerarlas en relación con el objetivo final.

Por ello, durante la fase inicial del proyecto, se requiere de una planificación flexible; el sistema debe permitir que se tengan en cuenta los puntos inciertos y señalar la acción o acciones a emprender en caso de que una parte del proyecto fracase en su objetivo.

Sin embargo, hay que subrayar que la finalidad principal de un plan es la de llevar un control eficaz del proyecto. Proporciona una base para valorar su avance, determinando los elementos críticos y expresarlos en términos de tiempo y esfuerzo. Hay que tener presente que una desviación con respecto al plan constituye una señal para actuar, ya sea a través de una nueva asignación de recursos para recuperar el tiempo perdido o rehaciendo el plan respecto a la nueva realidad.

Por último el hecho que se admita, en un principio, una planificación flexible, no significa que se le dé poca importancia a las estimaciones. Entre mayor precisión se tenga en las estimaciones del plan, habrá mayor realismo y mejorará notablemente su control.

II.4.4. Información y Técnicas de Control.

Uno de los parámetros más importantes para el control de un proyecto es sin duda alguna la información que se obtenga durante el desarrollo del proyecto. Una información exacta y periódica sobre los eventos del proyecto constituye la sabia de una gestión eficaz. Los sistemas de control se basan en una comparación entre la información de la realidad actual y un estándar preestablecido y exigido por el plan. En el momento en que se detecte una diferencia entre el resultado obtenido y el estándar, como suele suceder,

entonces es el momento de actuar. Esta acción deberá encaminarse a reconducir el proyecto al cause previsto, tal vez mediante la asignación de mayor presupuesto o prioridades; esto, sin embargo, no siempre es posible, si surgen dificultades considerables, en tal caso puede ser necesario modificar el plan.

En este caso los estándares para un proyecto, que constituyen las bases de un buen control son:

- Criterios de valuación del proyecto y las estimaciones o hipótesis en que se fundamentó su selección.
- La definición propia del proyecto (objetivo).
- El plan del proyecto.

La información que reciba la coordinación durante el período de realización del proyecto debe ser tal que permita su evaluación en esos tres aspectos. Si bien la coordinación se centra para el control en el cumplimiento del plan, muchas veces no es suficiente. Por ejemplo, en el caso que la realización del proyecto esté atendida a lo estipulado en el plan inicial por lo que se espera un cumplimiento total de los objetivos establecidos, puede suceder que en el momento en que varíe un factor externo el proyecto deje de ser urgente. Bajo estas condiciones será preciso modificar la definición del proyecto, tratando de aprovechar, tanto como sea posible, los avances obtenidos o, en su defecto cancelarlo en virtud de la información obtenida.

Los estándares antes mencionados, deberán estar debidamente fundamentados, sin lo cual será muy difícil llevar a cabo un control eficaz. Además es primordial que éstos estén disponibles en todo momento, pues su ausencia es la causa más frecuente de descontrol. Cuando se selecciona un proyecto, las hipótesis y estándares establecidos parecen ser buenos, sin embargo, si éstos no están disponibles, será muy difícil determinar si un elemento externo nuevo puede llegar a influir en el buen desarrollo del proyecto; v.gr. el que haya salido al mercado un equipo, sistema, método, etc., que puede sustituir con creces el que contempla el proyecto o una etapa del proyecto. El proceso de valoración periódica debe ser dinámico para lograr la máxima eficacia y detectar con prontitud la influencia de la nueva información y si es preciso, introducir rápidamente modificaciones al plan.

Dada la alta probabilidad de que haya deficiencias en las fuentes externas de información, debido frecuentemente a la ausencia de un sistema de comunicación adecuado entre las distintas instancias de la empresa, se hace necesario que exista una continua relación y un flujo cruzado entre los distintos departamentos; sobre todo, con los de producción, mantenimiento y financiero, a lo largo de la duración del proyecto. Esto se hace aún más patente en los proyectos largos ya que su viabilidad y vigencia puede cambiar en el interés. Muchas veces, alguno de estos departamentos cuenta con información sobre alguna variación en un factor determinado y quizá haya descuidado informar oportunamente a la coordinación que continuaría invirtiendo en el proyecto sobre la línea trazada.

Para controlar el avance técnico del proyecto, hay que disponer de información al día sobre los costos devengados, el tiempo transcurrido y los objetivos alcanzados. Respecto a los costos, quizá sea el departamento de contabilidad quien pueda proporcionar dicho rubro, sin embargo, corresponde a la AE determinar los costos de los proyectos concretos. Suele ser que el costo mayoritario de un proyecto sea el de personal; esto no presenta ningún problema cuando cada equipo sólo se ocupa de un proyecto; si no es así, habrá que determinar los tiempos de ocupación del personal en cada proyecto que participe. También habrá que recopilar los costos imputados a una serie de empleados, tiempo de uso de las instalaciones y equipo. Si bien los gastos de la coordinación pueden cargarse proporcionalmente a cada proyecto, para efectos de control, esto carece de significado ya que a este fin sólo interesa el manejo de los recursos directamente empleados en cada proyecto.

La información sobre el avance técnico del proyecto es más difícil de obtener e implica, algunas veces, valoraciones subjetivas. Para esto el plan del proyecto proporciona las etapas en las cuales éste debe desarrollarse, lo que permite estimar con precisión aceptable la porción del trabajo conducido.

La Tabla II.14 presenta una forma de estimar el avance de un proyecto dado en función de las etapas previstas en el plan, así como el presupuesto otorgado y el devengado para su realización.

TABLA II.8

ESTIMACION DE UN PROYECTO PARA SU CONTROL

Proyecto: <u>Recuperador de caldera</u>					
Tiempo de realización: <u>2.5 meses</u>			Fecha de control: <u>(1.2 meses)</u>		
ACTIVIDAD	COSTO ESTIMADO USD	COSTO DE LA ETAPA ‡	COSTO ACTUAL USD	PORCENTAJE DE AVANCE ‡	OBSERVACIONES
1	1800000	36	1700000	100	
2	500000	10	600000	95	
3	2000000	40	760000	25	
4	700000	14	500000	20	NUEVA ESTIMACION 1800000
TOTAL	5000000	100	3560000		
‡ de Avance del Proyecto: $36 + 9.5 + 10 + 2.8 = 58.3‡$					
‡ del Costo estimado gastado: 71.2‡					

La información obtenida de cada proyecto deberá permitir valorar el avance de cada actividad en términos de costo y tiempo de dedicación, determinar las actividades que no estaban previstas

y su repercusión sobre la marcha del proyecto (retrasos) y medir el avance global del proyecto y la fecha de conclusión prevista.

Para tener una visión global de los avances y perspectivas que se ofrecen para cada proyecto es recomendable graficar la información y de esta forma detectar los posibles problemas a tiempo y tomar las medidas que en su momento mejor convengan.

Los gráficos pueden ser el costo acumulado del proyecto versus el tiempo (Figura II.2a) que nos permite determinar con base en lo planificado, cuánto ha ido absorbiendo de presupuesto cada proyecto, el ejemplo muestra que el proyecto 1 ha gastado más de lo previsto en el tiempo. Sin embargo, al graficar el por ciento de avance versus el costo (Figura II.2b) nos permite apreciar que la alta proporción de gastos va acompañada por un avance mayor, aunque en un tiempo posterior se nota una disminución de avance que refleja un problema determinado y es el momento de actuar. Si se grafica el grado de avance en función del tiempo (Figura II.2c), se aprecia que el proyecto, con todo y problema, puede concluirse en el tiempo estimado, siempre y cuando se tomen las medidas pertinentes. Contrariamente el proyecto 2 presenta, desde el primer gráfico algunos problemas lo mismo que se observa en los otros dos gráficos. Aquí se impone hacer un análisis más detallado para identificar el problema, el cual puede conducir a la cancelación del proyecto.

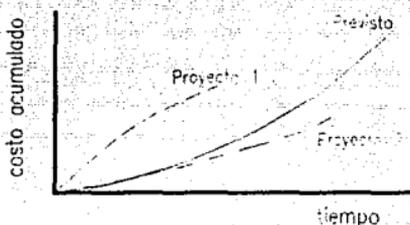
II.4.5. Gestión de Recursos.

La asignación de recursos a los proyectos requiere de consideraciones específicas de cada uno de ellos. Esto lleva a la necesidad de realizar una gestión óptima. Aunque difícil de conseguir, la gestión debe realizarse en función de la información que se tenga y de las prioridades que la AE haya establecido en función de la estrategia seleccionada.

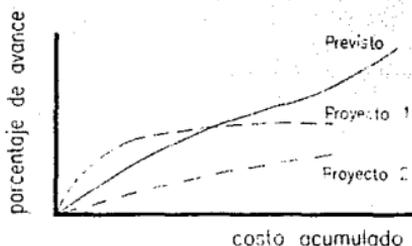
Dado que los recursos se invierten en equipo, materiales y personal habrá que considerar el efecto de la inversión sobre el buen desarrollo de los proyectos. Primero se debe tomar en cuenta el importante papel que juega el personal en el éxito del proyecto, el cambio de la fecha programada en la adquisición de un material y equipo para una actividad dada repercute a la distribución del tiempo, mas no en la duración de la actividad; en cambio no ocurre lo mismo con el personal: más disminución de la plantilla o un recorte presupuestal tiene un efecto marcado sobre la moral del grupo que realiza la actividad y en su determinación de cumplir con las fechas previstas. De aquí se deduce que la moral de trabajo debe tenerse en cuenta durante la gestión de recursos, con lo cual un método de gestión que se centre en el proyecto tendrá mayor probabilidad de éxito que aquel que insista exclusivamente en una asignación eficaz de recursos.

Como se ha visto, la asignación de recursos debe distribuirse entre varios proyectos dentro de los que se encuentran proyectos de mayor riesgo que otros y con tiempos de desarrollo diferentes. De

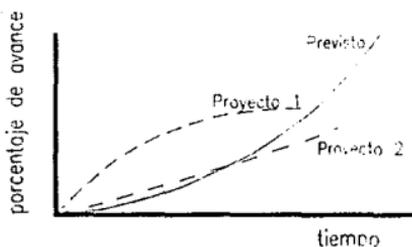
FIGURA II.2
 GRAFICAS DE CONTROL DE PROYECTOS



a) Costo acumulado VS tiempo



b) Porcentaje de Avance VS Costo Acumulado



c) Porcentaje de Avance VS tiempo

esta forma habrá que prever, con base en el presupuesto otorgado, material, equipo y personal disponible, una distribución tal que:

- 1) No se infrautilice al personal.
- 2) Se desarrollen armónicamente los proyectos actuales.
- 3) No provoque retrasos costosos.
- 4) No se infrautilice el equipo existente.
- 5) No se abandonen proyectos por falta de presupuesto.

Esta lista, no es por supuesto exhaustiva y puede ampliarse enormemente, pero sí son los factores más importantes que deben considerarse.

Quando las estimaciones se realizan para varios años, entonces es importante prever ajustes que vayan permitiendo desarrollar los proyectos en función de los recursos que se tengan disponibles en las diferentes épocas de distribución. En algunas ocasiones será muy difícil subsanar el déficit con pequeños ajustes en el programa de trabajo. En este caso el coordinador de la AE se enfrentará a diferentes alternativas:

1. Reajustar la asignación de personal especializado a otros proyectos, modificando, en consecuencia, las fechas previstas de finalización.
2. Reajustar uno o más proyectos.
3. Contratar nuevo personal.
3. Cancelar uno o más proyectos.

El coordinador de la AE desearía tener una cartera de proyectos que avancen a un ritmo óptimo y que ocupen todos los recursos de la AE. La práctica obliga a conjuntar y reajustar el programa de proyectos al haber alguna variación del presupuesto o de algún recurso material o humano. Por eso el déficit de un determinado recurso puede convertirse en el factor decisivo a la hora de tomar una decisión y más aún tratándose de proyectos que resultan igualmente interesantes en muchos otros aspectos.

Dada la gran variedad de problemas que se presentan en las diferentes empresas es prácticamente imposible decir que un sistema de gestión sea más adecuado que otro. Sin embargo, cuanto más complejo sea el programa de asignación de recursos, mayores ventajas tendrá el método de asignación que tenga como centro el proyecto.

II.5 EJEMPLO DE LA EVOLUCION Y SU TENDENCIA EN LOS PROGRAMAS DE AHORRO DE ENERGIA DENTRO DE LA ADMINISTRACION ENERGETICA DE LAS INDUSTRIAS

En nuestro país, aunque existen pocas empresas que tengan experiencia en el desarrollo de programas integrales de ahorro de energía, se tienen algunas grandes consumidoras que han desarrollado esfuerzos importantes para lograrlo. Tales empresas o grupos industriales han sido por ejemplo, Industrias Resistol,

Hylsa, Conduflex, Grupo Vitro y Celanese Mexicana entre otras. De todas estas Celanese Mexicana podría ofrecer uno de los mejores ejemplos de los notables alcances a los que se puede llegar en una administración energética, así como de la tendencia que puede seguirse para un éxito constante y su reflejo en la contribución de la consecución de la calidad total de la empresa, la excelencia y competitividad internacional.

Se describe a continuación brevemente un resumen de la actividad en materia de ahorro de energía que ha tenido la empresa Celanese Mexicana durante veinte años, y cuyos resultados ahora le han valido obtener el Premio Nacional de Energía Eléctrica, instaurado por la Comisión Nacional de Electricidad en el año de 1992⁵.

Celanese Mexicana es una empresa de la rama química, constituida en 1944, con tres áreas de negocios: Químico, Fibras y Empaque y Envase. Cuenta con 8 complejos y 4 filiales. Esta empresa comenzó su Programa de Uso Eficiente de Energía y Agua en 1972, siguiendo la tendencia internacional de reducir el impacto de la energía en los costos totales de manufactura. Para el desarrollo del Programa se hizo necesaria la creación de una organización, en la cual se originaran las políticas y en las que se distribuyeran las responsabilidades. Además de ello se contó con el convencimiento y apoyo de la alta administración de la empresa, lo cual ha sido un factor muy importante para el éxito del programa. La administración energética de la empresa Celanese Mexicana S.A. se basó en el seguimiento de una estrategia general a desarrollarse en cuatro etapas, como lo ha expuesto la Ing. Nora Lina Montes en el XIII Seminario Nacional sobre el Uso Racional de la Energía del mes de Noviembre de 1992⁶:

- 1a. Eliminación de desperdicios,
- 2a. Alcance de las condiciones de diseño,
- 3a. Optimización de procesos,
- 4a. Modernización de sistemas de producción y servicios.

La primera etapa se basó en un listado de acciones generales ("check-list") que fueron obtenidas de diversas fuentes bibliográficas relacionadas con el ahorro de energía. La alta rentabilidad de estas medidas y su facilidad técnica permitieron establecer metas de ahorro ambiciosas, que fueron alcanzadas en periodos cortos. Ejemplos de acciones en esta fase son la tradicional eliminación de fugas (vapor, agua, gas inerte, aire comprimido, etc.), la instalación de aislamientos y la recuperación térmica (v.gr. condensados), el control de la iluminación, etc.

La segunda etapa, de alcance de las condiciones de diseño, requirió de un análisis detallado de los parámetros especificados por el licenciador tecnológico y el proveedor de equipos. Con esta información, se fijaron los estándares de consumo energético por unidad producida y se establecieron los programas de operación y de mantenimiento correctivo y preventivo del equipo, teniendo con ello parámetros de referencia para una operación estandarizada del

proceso. En esta fase se establecieron los sistemas de monitoreo (v.gr. intensidades energéticas, reporte de consumo de energía y balances de vapor, de electricidad, etc.) que permitieran detectar las operaciones de la operación. En esta etapa la rentabilidad de las inversiones en ahorro de energía disminuye, si se compara con la que presenta la fase anterior, pero se logran beneficios paralelos, como son los derivados de un mejor conocimiento de los procesos de fabricación que se manejan.

En la etapa tercera, la de optimización de los procesos, ya se hace necesaria la utilización de herramientas de análisis tradicionales como son la actualización permanente de los balances de materia y energía, y nuevas como los balances de exergía. Con la información obtenida en la fase anterior y en ésta es posible lograr optimizaciones como: cogeneración, sustitución energética (estas dos fuertemente unidas pues se tiene como ejemplo clásico la sustitución de la electricidad comprada por la generada en sistemas cogenerativos), cambio en las condiciones de operación (v.gr. temperatura, presión, relación de reflujo, etc.), tarifa horaria, etc. Aquí la rentabilidad de los productos de energía se desacelera aún más, pero se alcanzan condiciones de operación óptimas o muy cercanas a ese punto. Sin embargo, es aquí donde la curva de beneficios de las medidas de ahorro (v.gr. intensidad energética, relación beneficio/costo) se vuelve asintótica, es decir, los beneficios de energía alcanzados son poco sensibles a la inversión realizada.

Consecuencia de lo anterior se tiene en la cuarta etapa, la de modernización, la cual implica cambios en las rutas tecnológicas, en los equipos y en los sistemas de obtención y procesamiento de información. Es una etapa donde la búsqueda de oportunidades de ahorro de exige de nuevas metodologías, de manera de revertir la tendencia de estancamiento de la curva de éxitos (expresada en la relación beneficio/costo).

Dentro del Programa de Uso Eficiente de Energía y Agua de Celanese Mexicana los proyectos han estado y están sustentados en diagnósticos energéticos completos, los cuales tienen cuidado en considerar la interrelación de la implementación de ese proyecto con el resto de las operaciones del proceso.

Así mismo, Celanese Mexicana tuvo mucho atención en la capacitación de su personal desde el inicio del Programa, aunque no de fácil tarea en el comienzo, pero como parte esencial para el éxito del Programa.

Al paso que el Programa esta compañía iba avanzando se requería mejorar cada vez más los sistemas de medición, en orden de instituir cada vez más parámetros de seguimiento y control de las variables energéticas. La inversión de los equipos de medición creció mientras se perfeccionaba este seguimiento de parámetros, sin embargo se obtuvo un mejor control de la operación de sistemas productivos como un subproducto de dicha inversión. De la misma manera, las adaptaciones o desarrollos tecnológicos avanzaron desde

la fase final de la etapa 2 y especialmente durante la tercera y la cuarta, principiando con nuevos sistemas de medición y control de equipos y con dispositivos computarizados de inspección y simulación de procesos. Los diseños tecnológicos han ido desde la cogeneración hasta la modificación de procesos. En un nivel más avanzado del Programa, fase cuarta, Celanese Mexicana ha pasado al cambio de ruta tecnológica y a sistemas computarizados de tercera o cuarta generación (ordenadores inteligentes que permiten el seguimiento, control, simulación y corrección). También en esta fase se incorporan nuevas metodologías de análisis y de organización y relación interna (de la empresa) y externa (de ésta con el sector energético local).

Las tendencias de una avanzada administración industrial energética siguen una metodología y organización que abarcan las tres categorías donde la energía tiene incidencia: suministro, conversión y consumo. Estas categorías deben de traducirse en un proceso de toma continua de decisiones, sustentada en nuevos métodos formales de análisis energético-económico, como la tecnología de contacto ("pinch-point") y los termo-económicos (que combinan las leyes termodinámicas con las económicas), así también como acciones dirigidas a la "sustitución de energía por información" (sistemas computacionales inteligentes). Con estas técnicas es posible determinar el punto óptimo energía/producción, que podrá mantenerse a través de un sistema de control, corrección y seguimiento en tiempo real.

El esquema de la administración energética está regida por otros criterios determinantes, no obstante, como lo plantea Entwistle⁶: "La administración industrial de la energía es la mejor forma de obtener y mantener el mejor nivel de uso de este insumo, sin limitar la actividad económica de la empresa (la producción de bienes y servicios). Este requisito es importante dado que, la administración de la energía no es en la industria, el propósito principal del negocio, por lo que no debe ser tan relevante que obstaculice la actividad central. El carácter limitativo de la energía puede tomar la forma de requerimientos excesivos de capital, complejidad de los sistemas energéticos que presionan la capacidad tecnológica, suministros inadecuados o sistemas energéticos inflexibles.

II.6 REFERENCIAS DEL CAPITULO II

- 1 Romero-Paredes Rubio, Hernando, Gonzalez Dorbecker, Eduardo, Ambríz García J. José; *Administración de la Energía, curso de actualización*, UNAM-UAMI, Abril de 1989
- 2 Biblioteca Deusto de Dirección y Organización Vol. 4, *Previsión Tecnológica y Planificación a largo Plazo*. Landford H.W. y B.C. Twiss. Ediciones Deusto (1981).

- 3 Thumann A. *Handbook of Energy Audits*. The Fairmont Press Inc. 1979.
- 4 Kreider, K.G. y M.B. Mc Neil, *Guía para el aprovechamiento de calor de desperdicio*. N.B.S. Handbook, Editado por SEPAFIN 1977
- 5 Figuerera Lara, Luis, *Premio Nacional de Ahorro de Energía Eléctrica*, Conferencia en el XIII Seminario Nacional sobre Uso Racional de Energía. FIDE, Nov. 1992
- 6 Lina Montes, Nora y Boggero Ortuño, Armando. *Los programas de energía en la década de los 90*. CELANESE MEXICANA, S.A., Memorias del XIII Seminario Nacional sobre Uso Racional de Energía. FIDE, Nov. 1992

CAPITULO III

METODOLOGIAS PARA LA REALIZACION DE DIAGNOSTICOS ENERGETICOS

Como se mencionó en el capítulo anterior, la administración de la energía se hace de la aplicación de métodos y técnicas para la obtención de los elementos que permitan el establecer la estrategia de aplicación de acciones de uso racional de energía precisamente dónde y a qué grado son requeridas. De estas técnicas y métodos, los diagnósticos energéticos son de las herramientas fundamentales ya que de ellos estriba la caracterización energética de la empresa, la identificación del potencial de ahorro, el nivel de inversión para alcanzarlo, la asignación de costos de los energéticos dentro de los costos de producción, y el esquema general de un programa de ahorro de energía, así como el seguimiento y el control del mismo.

Como se señaló en la sección II.3.1, existen distintos grados o niveles de complejidad o detalle para realizarse un diagnóstico energético, dependiendo de las dimensiones grado de avance de la administración energética, así como de los objetivos y ambiciones de mejoramiento energético de la alta administración de la empresa.

Así entonces, se tiene un diagnóstico energético de primer nivel, o preliminar, el cual orienta al responsable energético acerca de los consumos energéticos de la planta. El nivel 2, o general, provee información general de los consumos de energía por áreas funcionales: departamentos, procesos, servicios, construcciones, etc. El nivel más sofisticado y tardado en elaboración de un diagnóstico es el tercer nivel, o de detalle; se permite en él obtener información precisa y comprensible de los consumos, de las pérdidas y de los rechazos de energía en los elementos dentro de los procesos. Como se verá, en este último nivel, el diagnóstico tiende ya al seguimiento de los flujos y corrientes energéticos cuando suceden en el instante y en tiempo real.

La información de las metodologías presentadas a continuación son el resultado de la conciliación de criterios en cuanto a los elementos y pasos necesarios que debería contar cada tipo de diagnóstico energético, tomando en cuenta literatura existente sobre el tema y la experiencia obtenida a lo largo de dos años en esta actividad.

III.1 DIAGNOSTICO ENERGETICO DE PRIMER NIVEL

En la mayoría de los casos, el Diagnóstico Energético de Primer Nivel (DEN1) es uno de los primeros pasos en un Programa de Ahorro de Energía en una empresa. El DEN1 es un diagnóstico preliminar del uso de energía en una planta, y resulta en una identificación inicial del potencial de ahorro energético en ella. El DEN1 se basa en el análisis de datos fácilmente obtenibles y sin requerir, en la mayoría de los casos, instrumentos de medición sofisticados¹.

El diagnóstico de primer nivel incluye una inspección de la planta, recopilación de datos relacionados con energía y producción, mediciones con equipo de medición portátil, el análisis de

los datos y las mediciones, y la preparación de una memoria con las conclusiones de las observaciones y los análisis.

Para ayudar a fijar las ideas, la Tabla III.1 presenta una comparación entre el DEN1 y el DEN2.

III.1.1. Objetivos del Diagnóstico del Primer Nivel.

El objetivo del DEN1 es de identificar todas las posibles medidas de ahorro de energía en una planta en un tiempo limitado; recopilar y ordenar todos los datos de energía y producción, y evaluar la necesidad de hacer un diagnóstico más profundo o detallado. Los objetivos específicos del DEN1 son los siguientes:

- * Recopilación y desarrollo de la base de datos de consumos y costos de energía y de producción, y definición de los índices energéticos globales de la planta.
- * Evaluación objetiva de la condición de la planta (basado en la observación del estado de equipos y de la operación de la planta), incluyendo la identificación de los sistemas de mayor consumo de energía, a través del balance energético global de la planta.
- * Identificación y cuantificación preliminar de medidas de ahorro de energía, especialmente las de baja y nula inversión, mantenimiento, y políticas de operación.
- * Evaluación del nivel de instrumentación, su estado, y su utilidad en la determinación de consumos e índices energéticos.
- * Entendimiento de criterios de toma de decisiones de la empresa para inversiones en general, y para proyectos específicos relacionados con energía.
- * Identificación de las estrategias para establecer un Programa de Ahorro de Energía o llevar a cabo un diagnóstico de segundo nivel.

La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía¹ establece la realización del DEN1 con resultados concretos que permitan:

- * La implementación inmediata de medidas de ahorro de energía con baja o nula inversión.
- * Desarrollar un sistema de información energética en la planta.
- * Concientizar al personal de la planta.
- * Promover el uso eficiente de los energéticos.
- * Determinar el balance de energía global de la planta.

Tabla III.1. Comparación entre Diagnósticos de Primero y Segundo Nivel.

Categoría	Diagnóstico de Primer Nivel	Diagnóstico de Segundo Nivel
Alcance del Diagnóstico:	Inspección visual; análisis histórico de consumos; mediciones puntuales; limitado al equipo auxiliar.	Análisis del consumo energético con base en el balance de materia y energía y la evaluación de la eficiencia de los equipos.
Objetivos:	Crear conciencia; empezar un programa de ahorro energético; evidenciar oportunidades de ahorro con cambios operativos y de mantenimiento.	Desarrollar un plan de acción de actividades tanto administrativas para asegurar eficiencia energética a largo plazo.
Trabajo en planta: Preparación del informe: Tiempo corrido: Análisis de calderas: Medición de equipo y motores eléctricos: Compromiso de la planta:	3 a 6 días. 4 a 10 días. 3 a 4 semanas. Medición de eficiencia; diagrama Sankey. Mediciones instantáneas. Apoyo general.	5 a 20 días. 15 a 60 días. 1.5 a 4 meses. Balance energético detallado. Registros a través del tiempo. Apoyo en recopilación de datos y en mediciones; compromiso de realizar las medidas.
Análisis costo-beneficio	Período simple de recuperación.	Período simple; tasa interna de retorno.
Ahorros identificados Resultado	10 a 20% Bases para un programa de ahorro de energía, balance energético global de la planta, lista de medidas con nula y baja inversión.	10 a 30% Un plan de acción con recomendaciones, tanto de baja como de alta inversión; bases para la administración de energía en la empresa.

III.1.2. Personal a desempeñar el DEN1.

El diagnóstico del primer nivel normalmente se desempeña por dos especialistas en energía (auditores de energía), un térmico y un eléctrico. Para utilizar bien el tiempo dedicado al DEN1, estas personas deberían de tener buena experiencia en el campo de energía, y específicamente en diagnósticos energéticos. Las calificaciones de éstas son las mismas del personal que haría el diagnóstico del segundo nivel.

En muchos casos, se puede organizar el mismo personal de la planta para hacer el diagnóstico. Los técnicos de la planta, aprovechando su conocimiento de la misma, están en buenas condiciones para adelantar los trabajos del DEN1. Sin embargo, aun en la misma planta, los datos pueden ser difíciles de recopilar (en una planta, por ejemplo, al jefe de mantenimiento no se le proporcionan los datos de producción; al jefe de producción no se le proporcionan los datos del consumo de combustibles). En este sentido, un equipo foráneo a la planta puede llevar más objetividad, y además, se aprovecha su gran experiencia en eficiencia energética.

III.1.3. Tiempo requerido para un DEN1.

El tiempo requerido para completar el DEN1 depende de varios factores, incluyendo:

- Tamaño físico de la planta.
- Consumo energético de la planta.
- Complejidad de las operaciones dentro de la planta.
- Disponibilidad y alcance de los datos disponibles; conciencia de los asuntos energéticos dentro de la planta.
- Profundidad del análisis de los datos recabados.
- Experiencia del personal que lo realice.

Una guía para estimar en forma preliminar el tiempo de completar un DEN1 se presenta en la Tabla III.2.

Tabla III.2. Estimaciones de tiempo para completar un Diagnóstico de Primer Nivel.

<u>Instalaciones Comerciales</u>	<u>Trabajo de Campo</u>	<u>Análisis de Datos (días)</u>
Hasta 10,000 m ²	2 días	2 días
De 10,000 a 30,000 m ²	2.5 días	3 días
Mayores de 30,000 m ²	2.5 días mas 1.5 días por cada 20,000 m ² arriba de 30,000 m ²	3 días más 2 días por cada 20,000 m ² arriba de 30,000 m ²
<u>Instalaciones Industriales</u>		
Plantas de un producto y hasta 10,000 m ²	2 días	2 días
Plantas de un producto de 10,000 a 30,000 m ²	2.5 días	3 días
Plantas de un producto mayores de 30,000 m ²	2.5 días más 1.5 días por cada 20,000 m ² arriba de 30,000 m ²	3 días más 2 días por cada 20,000 m ² arriba de 30,000 m ²
Plantas de varios productos principales, hasta 30,000m ²	2.5 días más 1 día por producto	3 días más 1.5 días por producto
Plantas de varios productos, arriba de 30,000 m ²	2.5 días más 1 día por producto y 1.5 días por cada 20,000 m ² arriba de 30,000 m ²	1.5 días más 1.5 días por producto y 2 días por cada 20,000 m ² arriba de 30,000 m ²

NOTA: Los tiempos presentados son para un equipo de dos personas trabajando a tiempo completo; deben usarse únicamente para una estimación preliminar. Se trata de productos correspondiendo a las principales líneas de producción de la planta.

III.1.4. Pasos a seguir en un Diagnóstico Energético de Primer Nivel.

El trabajo del diagnóstico de primer nivel se resume en siete pasos presentados en la Tabla III.3 y descritos en detalle a continuación.

Tabla III.3. Los pasos del Diagnóstico de Primer Nivel.

- Paso No. 1: Planear los Recursos y el Tiempo
- Paso No. 2: Recopilar Datos
- Paso No. 3: Tomar Mediciones
- Paso No. 4: Analizar los Datos
- Paso No. 5: Estimar el Potencial de Ahorro Energético.
- Paso No. 6: Evaluar el Programa de Ahorro de Energía en la Empresa
- Paso No. 7: Elaboración del Informe del Diagnóstico.

II.1.4.1. Paso No. 1: Planear los Recursos y el Tiempo.

Una buena preparación y planificación antes de llegar a la planta asegura la utilización óptima de los recursos y del tiempo disponible para completar el diagnóstico. El equipo del DEN1 tiene que revisar toda la información disponible sobre la planta, y dividir entre ellos las tareas de recopilación de datos y de mediciones. Dentro de las otras actividades de planificación necesarias para el éxito del trabajo, se mencionaran las siguientes:

* Revisar toda la información disponible sobre la planta, como por ejemplo:

- Tamaño de la planta; su edad; su localización.
- Estructura administrativa de la planta.
- Tipos de líneas de producción y productos principales.
- Horarios típicos de operación de la planta.
- Consumos energéticos anuales, incluyendo demanda eléctrica máxima.
- Costos de combustibles y tarifas eléctricas aplicables.
- Actitud del personal de la planta (bajo qué criterio se decidió aceptar el DEN1).

* Asegurar la disponibilidad para la realización de una reunión, confirmando la asistencia de las personas siguientes (si muchos no están disponibles, se sugiere cambiar la fecha de la visita a la planta):

- El gerente de planta.
- Responsables de las áreas de producción.
- Personal de ingeniería.
- El contador general o el responsable de fianzas.
- El jefe de mantenimiento.
- Responsable o coordinador de energía (si existe).

* Elaborar un cronograma de trabajo en el que se indiquen las fechas en que se reportarán avances al delegado responsable.

* Identificar la instrumentación que será utilizada para obtener datos durante el DEN1 y asegurarse de su estado a fin de tomar las providencias necesarias para que esté en condiciones adecuadas al momento en que se requiera utilizarla. En la Tabla III.4 se indica el conjunto de instrumentos básicos que normalmente se emplean en los DEN1.

Tabla III.4. Instrumentos portátiles de apoyo en el Diagnóstico de Primer Nivel.

Sistema de termopar, con sondas para aire, líquidos y superficies.
Analizador de gases de chimenea (químico o electrónico).
Voltímetro/amperímetro de gancho.
Medidor de factor de potencia.
Sonda de ultrasonido para detectar fugas de aire y vapor.
Flexómetro.
Linterna.
Cronómetro.
Equipo de protección personal (protector de oídos, cascos, guantes).
Herramientas manuales diversas.

III.1.4.2. Paso No. 2: Recopilar Datos en Sitio.

Deben reunirse datos de todo aquello relacionado con el uso de la energía de la planta, incluyendo en forma indicativa, pero no limitativa, lo siguiente:

- * Consumos mensuales, correspondientes a los últimos 12 meses de operación, de los diferentes energéticos utilizados en la planta.
- * Producción de la planta durante los períodos correspondientes; propiedades y consumo de materias primas (si disponibles).
- * Horarios típicos de operación de la planta.
- * Identificación de los equipos y los principales equipos consumidores de energía.
- * Características físicas de la planta; su estado general, y el estado y la edad de los equipos importantes.
- * Planes para el futuro, como por ejemplo, cambios de procesos o incrementos en la capacidad productiva; problemas que estuviera enfrentando la planta.
- * Características y capacidades de los equipos consumidores de energía en la planta, incluyendo sistema de vapor y electricidad, y líneas de producción, tanto de diseño como de operación actual.
- * Estructura y administración de la planta; criterios para la toma de decisiones (por ejemplo, período de amortización máximo, tasa interna de retorno mínima, siendo éstos de suma importancia para presentar un plan de acción realista a la administración).

En empresas con un Programa de Ahorro de Energía bien diseñado y establecido, esta información es fácil de obtener, pero si no cuenta con datos disponibles, el tiempo para obtenerla será mayor. En este caso será recomendable realizar mediciones de consumo de energía por lo menos en aquellos equipos que representan un 85% del consumo energético total de la planta.

La mayoría de estos datos se pueden obtener a través de entrevistas con el personal adecuado de la planta, y a través de las observaciones hechas en un recorrido por la planta (acompañado por una persona responsable de la planta).

Entrevistas.

Con base en la estructura y complejidad de la organización de la empresa se decide el número de entrevistados y el tiempo que se empleará en las entrevistas. En muchos casos, algunas de las funciones descritas anteriormente se combinan bajo la responsabilidad de un solo individuo. En la Tabla III.5 se ofrece una lista de referencia de puntos a tocar en entrevistas formales e informales con los diferentes responsables de la planta mencionados en la sección anterior.

Tabla III.5. Puntos a Cubrir en Entrevistas con Personal de la Planta.

Administrador o Coordinador de Energía

- El objetivo de la entrevista es de conocer:
- * Estructura administrativa de la empresa, y lugar del coordinador de energía dentro de la organización de la planta.
 - * La postura de la empresa hacia el ahorro de la energía; si existe un programa interno de ahorro de la energía; cuáles son sus metas.
 - * Los criterios para la toma de decisiones sobre desembolsos de capital para proyectos de mejoras de la eficiencia energética.
 - * El estado de avance del programa de ahorro de energía incluyendo:
 - o ¿Se ha realizado un diagnóstico energético? ¿Cuándo?
 - o ¿Existe una base de datos relativa a energía?
 - o ¿Cuáles oportunidades de ahorro de energía han sido identificadas?
 - o ¿Existe un plan de implementación de medidas de ahorro?
 - o ¿Por qué no se han realizado todas las oportunidades de ahorro identificadas?
 - o Información faltante o insuficiente
 - o Falta de interés
 - o Falta de capital
 - o La viabilidad económica no era real
 - o Falta de recursos técnicos o administrativos?
 - o ¿Existen procedimientos adecuados de seguimiento, evaluación y control?
 - o ¿Se están utilizando recursos internos o externos para la implementación?
 - o ¿Qué acciones subsiguientes son tomadas para mantener y mejorar la eficiencia de energía e identificar oportunidades?
 - * Cualquier información requerida por los formularios anexos
 - * Información técnica detallada sobre la planta, incluyendo:
 - o Nombre y localización de los departamentos en operación; sus funciones y horarios de trabajo.
 - o Producción de cada departamento; energía utilizada en cada departamento; equipos y sistemas de mayor consumo de energía dentro de cada departamento.
 - o Diagramas de flujo de los procesos principales.
 - o Instrumentación instalada relacionada con energéticos.

Tabla III.5 (continuación)

- Rendimientos nominales de los equipos principales; modificaciones realizadas, como cambio de combustible o incremento de capacidad.
- Capacidad máxima de la planta y la proyección de consumo de energía: a) demanda máxima; b) factor de carga eléctrica; c) factor de uso de combustibles).

Ingeniero de Planta o de Mantenimiento

Muchas veces es esta misma persona que toma la posición de coordinador de energía; en otros casos, el ingeniero de planta puede suministrar datos relativos a detalles físicos de la planta complementarios a los arriba mencionados; por ejemplo:

- * Condiciones de los equipos; problemas en su operación.
- * Sistemas de control existentes en los equipos importantes.
- * Procedimientos de mantenimiento empleados.

Director o Gerente de Operaciones y/o Producción

Esta persona usualmente conoce la información faltante sobre la operación de los equipos y las condiciones necesarias para cumplir con los objetivos de producción (además es interesante y educativo de obtener su punto de vista, muchas veces bien diferente de los ingenieros mencionados arriba):

- * Especificaciones de los materiales antes y después del proceso de producción.
- * Especificaciones finales del producto.
- * Condiciones actuales de operación, incluyendo régimen de producción, calidad, temperaturas, presiones y duración de ciclos de producción.
- * Condiciones de operación óptimas, y dificultades en su caso para obtenerlas; por ejemplo, efecto de vapor húmedo sobre el secado, disponibilidad del suministro adecuado de vapor, y bajas presiones, entre otras.
- * Condiciones de los equipos; problemas en su operación.

En ocasiones se requiere hablar directamente con los operadores de los equipos y sistemas de producción para obtener los datos completos y, sobre todo, para sensibilizarse sobre las condiciones de operación y problemas existentes.

Tabla III.5 (continuación)

Administrador o Contador General.

Cualquier dato faltante sobre costos de energía, horarios de operación, informes de producción, y otros, puede ser generalmente obtenido en el departamento administrativo. El gerente de este también conocerá los criterios financieros para la toma de decisiones en la planta, cuál conocimiento es importante para evaluar posteriormente las oportunidades de ahorro de energía.

Formularios y Formatos de Recopilación de Datos.

Para la recopilación de los datos durante el levantamiento de información, el auditor energético debe llevar preparado consigo una serie de formatos de cuestionarios donde se pregunten, y se puedan registrar de la manera más conveniente, los datos que posteriormente se analizarán. Los tipos de formatos dependen del enfoque al que se de prioridad al diagnóstico. Si el principal interés es el de reducir los consumos de energía eléctrica, como pueden ser los diagnósticos energéticos financiados por el Fideicomiso para el Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE), los formatos de los consumidores de energía eléctrica serán más detallados que los de energía térmica. También hay que tomar en cuenta el tipo de empresa a la que se realizará el diagnóstico energético. Puede ser por ejemplo, una que no consuma en lo absoluto energía térmica por combustibles, sino sólo energía eléctrica. Es conveniente preparar los formatos para un mejor manejo posterior en el análisis; se pueden adecuar, por ejemplo para que sean vaciados directamente en una base de datos en la computadora con programas de análisis ya previamente elaborados. De esta manera, podrían elaborarse una variedad grande de tipos de formatos. Sin embargo, lo que es importante es que estén preparados para recopilar la información suficiente y necesaria de consumos, costos de energía, equipos importante y producción para un análisis completo posterior. Recopilar menos datos que los necesarios provocará problemas posteriores, pero recopilar más información que la que será utilizada redundará únicamente en incrementos en costos de recursos humanos y materiales para el levantamiento de información. Otra ventaja de utilizar formatos es de poder obtener los datos en forma consistente, lo que facilita el análisis y la comparación cuando se está trabajando con varias plantas.

Muchos de los datos requeridos en los formatos están ya cubiertos por los puntos de la Tabla III.5; en realidad esta tabla se pueden usar en forma complementaria para cubrir toda la información necesaria. Otros de los datos en los formatos, como por ejemplo datos de placa de equipos importantes, se pueden conseguir en el recorrido por la planta, asegurando así su confiabilidad.

Recorrido por la Planta.

Después de las entrevistas iniciales, se efectúa una inspección visual de las instalaciones a través de un recorrido por la planta a fin de evaluar objetivamente sus condiciones y los procedimientos de operación, asimilando al mismo tiempo el flujo del proceso. Los pasos a seguir para llevar a cabo una inspección visual se muestran en la Tabla III.6.

El objetivo de la inspección visual es conseguir y verificar información relativa a:

- A) Flujos de materia prima y energía en la planta.
- B) Sistemas de mayor consumo de energía.
- C) Instrumentación instalada.
- D) Procedimientos utilizados para elaborar informes de consumos energéticos, de producción y de operación.
- E) Oportunidades evidentes de ahorro de energía.

Para obtener el máximo provecho se recomienda la participación durante la inspección visual, de alguna persona que esté familiarizada con la operación de sistemas y procedimientos de la planta y, si es posible, de todos los aspectos de las funciones de cada departamento. Antes de empezar la inspección visual, conviene obtener un diagrama de la instalación que identifique los departamentos principales, y que puede ser bosquejado para utilizarlo como guía durante el recorrido.

A) Flujo de materia prima y energía a través de la planta.

El primer elemento de análisis es determinar cuánta materia prima y energía fluye a través de la planta. Esto puede ser estimado antes de empezar la inspección visual.

Los siguientes aspectos deben identificarse:

- * Entrada de materia prima, y áreas de su almacenamiento.
- * Entrada de energía primaria a la planta, incluyendo:
 - Transformador, medidor eléctrico, subestaciones, distribución de voltajes.
 - Area(s) de almacenamiento de combustibles, medidores y sistemas de distribución.
- * Tipos de energía y materia prima utilizados para área de producción.
- * Despacho del producto final y almacenamiento.
- * Acondicionamiento del material de desperdicio; sistemas de reciclaje.

Esta información debe permitir la elaboración de un diagrama de flujo de materia y energía en la planta.

Tabla III.6. Los pasos a seguir en una inspección visual de la planta.

- 1.- Seleccionar una persona de la planta que acompañe al auditor durante la inspección.
- 2.- Obtener un diagrama de la planta; señalar en el plano o bosquejo los departamentos principales, y los flujos de materia prima y energía, incluyendo:
 - Material recibido y áreas de almacenamiento.
 - Entrada de energía primaria, localización de medidores, áreas de almacenamiento.
 - Áreas principales de producción acompañadas de los tipos de energía y materiales utilizados.
 - Departamentos de bodega y despacho del producto final.
 - Áreas de tratamiento del material de desperdicio y los sistemas de reciclaje.
- 3.- Identificar y evaluar los sistemas de mayor consumo de energía, y lugares para mediciones potenciales.
 - Equipo importante como secadores, calderas, hornos, etc.
 - Sistemas de ventilación y calefacción.
 - Sistemas de refrigeración y enfriamiento.
 - Sistemas de distribución de vapor y condensados.
 - Sistemas de distribución de aire comprimido, agua, agua helada, y otros fluidos.
- 4.- Observar y revisar la operación de la instrumentación relacionada con energía.
 - Medidores del servicio público.
 - Instrumentos de las operaciones involucradas en los procesos.
- 5.- Observar los procedimientos para los informes de energía y de producción.
 - Registros, diagramas, bitácoras.
 - Análisis y mediciones efectuados.
- 6.- Identificar oportunidades de conservación evidentes.
 - Falta de aislamiento; fugas en los sistemas de vapor, agua, aire comprimido, combustible.
 - Horarios de operación de los equipos que no concuerdan con la ocupación y sistemas de producción; equipo funcionando innecesariamente.
 - Sistemas de control mal ajustados o en mal funcionamiento.

B) Sistema de mayor consumo de energía.

El recorrido por la instalación debe comenzar en los puntos de entrada de energía primaria a la planta.

En una planta que utiliza un fluido térmico como el vapor para calentamiento en los procesos, se debe empezar en el área de almacenamiento de combustible que constituye la fuente de calor, continuando con la red de suministro de combustible. Después de examinar el generador de vapor y los controles asociados, se debe proseguir con la línea de distribución del vapor hacia los distintos departamentos.

En una planta que usa combustible directamente en equipos de proceso como secadores y hornos, conviene inspeccionar las instalaciones de medición y almacenamiento de combustible y continuar con el flujo de materia a través de la planta.

Debido a que el tiempo disponible para el DENI es generalmente limitado por consideraciones financieras, conviene concentrarse en los principales consumidores de energía dentro de la planta:

- * Equipos de servicio, como calderas y calentadores de agua.
- * Equipos de proceso como secadores y hornos.
- * Sistemas de generación eléctrica y motores eléctricos grandes.
- * Sistemas de calefacción y enfriamiento.
- * Sistemas de distribución de vapor y condensados.
- * Sistemas de distribución de aire comprimido y otros fluidos como oxígeno, argón, nitrógeno, agua, etc.

Estos sistemas interaccionan hasta un cierto punto, pero cada uno puede ser analizado por separado siendo importante obtener los siguientes datos:

- o Datos de placa.
- o Apariencia física.
- o Instrumentación instalada.
- o Sistemas de control.
- o Condiciones de operación.
- o Estructura externa.
- o Estructura interna (si es posible).

Durante estas actividades es recomendable hablar con el personal de operación para obtener información sobre mejoras o problemas potenciales detectados.

El tiempo empleado en examinar cada sistema debe ser basado en la cantidad relativa y tipo de energía consumida.

C) Instrumentación instalada.

Es importante hacer una lista de la instrumentación instalada, incluyendo los equipos de medición de las compañías de suministro

externo. Conociendo la instrumentación existente se podrán tener necesidades de contar con equipo de medición adicional para reunir los datos suficientes que se requieran para los análisis energéticos.

Es difícil comprobar la confiabilidad de la instrumentación, pero a través de los balances del DEN2, se pueden identificar fallas o inconsistencias en algunos instrumentos.

D) Evaluación de los informes de energía y de producción.

Si hay instrumentación instalada para medir el consumo de energía, el equipo de trabajo deberá evaluar la efectividad y utilidad de los datos que se registran, o bien proponer algún procedimiento alternativo que permita obtener los datos en forma adecuada para su análisis.

Los procesos de producción son generalmente regulados, y se cuenta con información sobre volúmenes producidos por periodo de tiempo. Esta información existe en los reportes de producción. Hojas de colección de datos de operación y bitácoras son a menudo utilizadas por el personal de producción. Examinando estos documentos y analizando las condiciones de operación y pueden identificar posibles oportunidades de ahorro de energía.

E) Oportunidades evidentes de ahorro de energía.

Una inspección visual de la instalación deberá mostrar oportunidades para mejorar el uso de energía y evitar derroches:

- * Superficies calientes descubiertas, o con aislamiento en malas condiciones.
- * Fugas de vapor, agua, combustible, aire o de otros fluidos costosos.
- * Sistemas de iluminación funcionando innecesariamente.
- * Equipo operando innecesariamente.
- * Sistemas de control mal ajustados o en mal funcionamiento.
- * Horarios de operación de equipos desajustados con los horarios de producción.

Antes de recomendar medidas correctivas el auditor deberá comprobar con personal de operación o de producción que en realidad son aplicables y sostenibles.

III.1.4.3. Paso No. 3: Tomar Mediciones.

La toma de mediciones durante el trabajo del DEN1 tiene tres objetivos:

- * Completar los datos recopilados de la planta, para que se tenga un mejor respaldo técnico en áreas donde la información de la planta no esté disponible.

- * Comprobar la operación de equipo importante en la planta, logrando una mejor base para las estimaciones de ahorros potenciales y proporcionando una idea objetiva de la eficiencia de la planta.
- * Apoyar a la elaboración del balance energético global de la planta

Los instrumentos de medición utilizados durante el DEN1 están listados en la Tabla III.4. La cantidad de las mediciones, y los equipos a medir, quedan al criterio del equipo auditor, y dependen de la situación de la planta, la existencia de datos confiables, y el tiempo disponible. Las mediciones típicas que se llevan a cabo se presenta a continuación:

- * Eficiencias de combustión de calderas, hornos y otro equipo de consumidor de combustibles: se miden por analizadores de gases químicos (tipo Orsat) o automáticos computarizados.
- * Temperaturas de paredes, y superficies de equipos y tuberías calientes: se miden por termopares o pirómetros ópticos, para lograr una buena estimación del ahorro potencial al instalar o mejorar el aislamiento.
- * Temperaturas de gases de chimenea y líquidos de desperdicio: se miden por termopares para obtener una idea del potencial térmico recuperable que se está desperdiciando.
- * Estado de trampas de vapor: se miden normalmente por equipo de ultrasonido, para comprobar su buena operación; se mide un número de trampas que servirán como muestra en los cálculos de ahorro.
- * Factor de potencia; se mide el factor de potencia global de la planta si el voltaje de la central lo permite (menos de 600 V); si no, se mide en las líneas de distribución y tableros de control.
- * Motores eléctricos grandes (de 50 a 250 hp); se mide el amperaje, el voltaje, y el factor de potencia (y la potencia en kW, si es conveniente) comprobando la carga promedio del motor, lo que permite evaluar la posibilidad de cambiar un motor por uno más pequeño, evitando pérdidas a baja carga.

III.1.4.4. Paso No. 4: Analizar los Datos.

Una vez que los datos han sido reunidos, deben ser analizados de acuerdo con los siguientes pasos:

- * Desarrollar una base de datos de consumos de energía de la planta.
- * Calcular los costos de los energéticos.
- * Elaborar balances energéticos de la planta.
- * Preparar índices de consumo de energía.

- * Evaluar la operación de la planta.
- * Estimar el potencial de ahorro de energía.
- * Revisar el programa de ahorro de energía de la planta en su totalidad.

Desarrollo de la Base de Datos.

La base de datos será usada muchas veces a lo largo del Programa de Ahorro de Energía, debiendo ser tan completa y exacta como sea posible y continuamente perfeccionada a medida que el Programa progrese, y deberá incluir los siguientes aspectos:

- A) Consumos y costos históricos de todos los tipos de energéticos utilizados durante el período más largo posible.
- B) Volúmenes de producción y cualquier información relacionada para el período que el de la energía utilizada.
- C) Diagramas de flujo de procesos.
- D) Inventario de equipos consumidores de energía.

A) Consumos y costos históricos de energéticos.

Se deben reunir datos de todas las formas de energía sobre una base periódica, que es generalmente un mes o el período de factura de la compañía de servicio público.

En el DENI se deben usar los datos de los últimos 12 meses de operación de la planta. Sin embargo, si se incorpora más de un año de datos, el cuadro del consumo de energía será más completo. Los datos sobre consumos y costos de la energía deben ser manejados en unidades consistentes.

Debido a que los suministradores de energía no facturan todos el mismo día, la planta debe tomar sus propias lecturas de los medidores, y todos los datos deberán comprender el mismo período. El personal debe ser motivado a normalizar el período y el método de la toma de estos datos.

B) Volúmenes de producción históricos.

Se deben reunir los datos de producción para el mismo período que el de consumo y costo de la energía de tal modo que se puedan correlacionar los datos sobre producción deben considerar las unidades normalmente empleadas en la planta para medir la producción (por ejemplo, tonelada de producto terminado, tonelada de producto almacenado, piezas producidas).

C) Diagramas de flujo de procesos.

La inspección visual permite identificar los principales consumidores de energía dentro de la instalación y generar una

serie de diagramas del flujo de materia y energía a través de la planta.

Previo a su evaluación, se deben combinar notas y bosquejos en diagramas de flujo señalando detalles de tamaño físico, instrumentación y capacidades junto con la fecha y condiciones de operación al momento de la inspección. Se deben incluir también notas de los regímenes de flujo de materia y energía, si son reconocidos. Un ejemplo de diagrama de flujo se presenta en la figura III.1.

Los diagramas deben prepararse de tal forma que puedan usarse como formato para registrar diferentes condiciones de operación. Es recomendable anotar en este tipo de diagrama las condiciones óptimas de operación como objeto de referencia.

D) Inventario de equipos consumidores de energía.

En función del tiempo previsto para realizar el DENI no siempre es posible hacer un inventario completo de los equipos que consumen energía en la planta. Sin embargo, se deberá hacer lo posible para identificar al menos el equipo que signifique el 85% del consumo.

Los equipos se clasifican de acuerdo al tipo de energía que consumen. Los regímenes o capacidades de los equipos para las distintas fuentes de energía, deben ser sumados y comparados con el consumo actual de energía obtenido de la base de datos de consumos de energía.

Cálculos de los Costos de los Energéticos.

Como la primera parte de la evaluación, es usual determinar las cantidades relativas de diferentes fuentes energéticas usadas, y su costo, durante el periodo de la base de datos. Tal análisis indica el valor relativo de ahorros de cada tipo de combustible y también indica qué tipo de combustible constituye la fuente principal de energía. Una manera de presentar los resultados de manera visual se muestra en la Figura III.2.

La segunda evaluación consiste en el análisis de las tarifas existentes bajo las cuales cada tipo de combustible y la energía eléctrica son adquiridos, sentando así las bases de los cálculos de ahorro.

Estos análisis llevan a los cálculos de costos de diferentes parámetros, como por ejemplo, el costo de vapor generado en la planta.

Fig. III.1 Ejemplo de un Esquema de Flujo en una Planta de Tomate

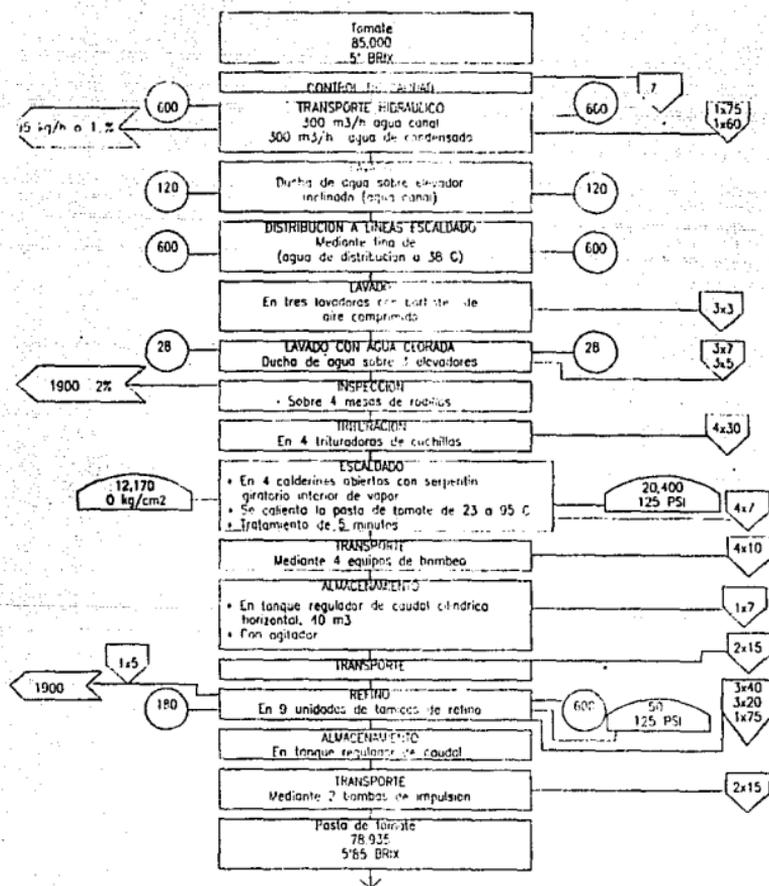
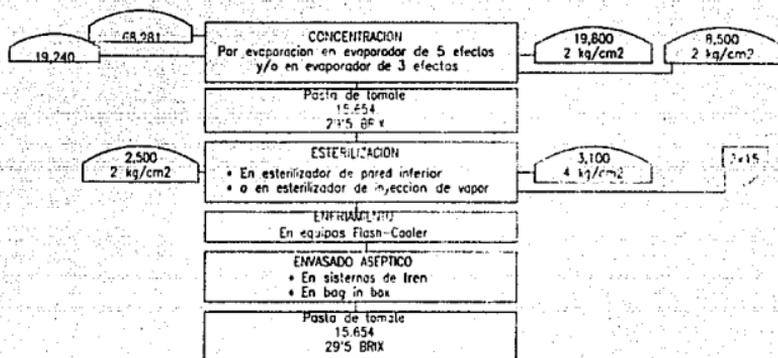


Fig. III.1 (continuacion)



Agu
m³/h

- Caudal de agua en m³

HP

- Energia electrica consumida en HP

MATERIALES
kg/h

- Entradas de materiales en la linea en la unidad que se maneje (kg/h, Ton/h)

RESIDUOS
kg/h %

- Produccion de residuos solidos en kg/h, con indicacion del % de perdidas que representa respecto del caudal masico entrante a la linea de producto fresco

kg/h O
PSI o kg/cm²

- kg/h de vapor consumido o producido a la presion manometrica indicada

m³/h
COMBUSTIBLE

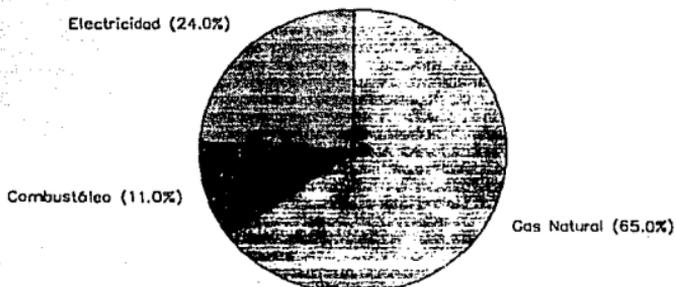
- Consumo de combustible en la unidad medida que se maneje (m³/h, lts/h)

FASE DEL PROCESO

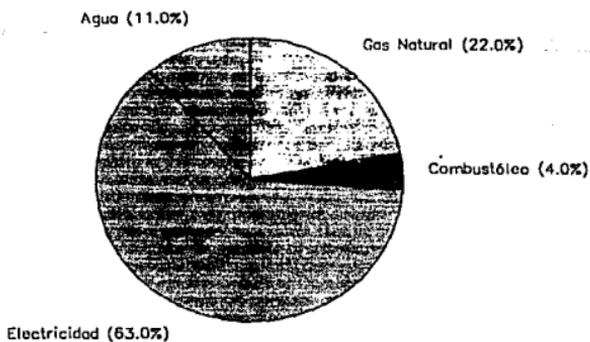
- Nombre o fase del proceso

Figura 111.2 Ejemplos de presentación de Consumos Energéticos y Costos en una Planta

CONSUMO ENERGETICO



COSTO



Elaboración de Balances Energéticos.

El segundo paso de la evaluación de los datos recopilados descritos en la sección anterior es la elaboración de los balances energéticos. Los balances permiten validar hasta cierto punto los datos recopilados, y su elaboración ayude a identificar datos faltantes o inconsistentes.

En un DEN1, no existe el tiempo para elaborar balances energéticos detallados de equipos y procesos como se hace en el DEN2.

Sin embargo, balances globales de energía térmica y energía eléctrica se consideran como parte importantes del DEN1. Ejemplos de éstos se presentan en la Figura III.3.

Índices de Consumo de Energía.

Los índices energéticos son usados para determinar la eficiencia energética de las operaciones y subsecuentemente, el potencial de ahorro de energía. Estos índices pueden servir también para comparar la eficiencia de diferentes plantas, pero son más valiosos en el seguimiento de la eficiencia de una misma planta a través del tiempo y bajo una variedad de condiciones.

En el DEN1, se recomienda calcular por lo menos algunos índices energéticos globales de la planta, como por ejemplo:

- * consumo específico de producción global (kJ/kg de producto).
- * consumo específico de producción de vapor (kg combustible/tonelada de vapor).
- * costo específico de vapor (\$mm/kg vapor generado).

Al inicio, deben calcularse los índices en base de datos promedios mensuales y anuales de la planta recopilados durante el diagnóstico; sin embargo, el valor de los índices energéticos está en su cálculo diario, por turno, o por batch de producción, y por producto y subproducto.

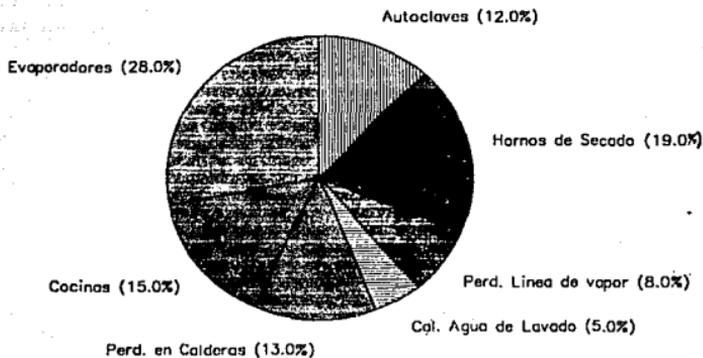
Como parte del DEN1, el auditor debe también recomendar que en la planta se registren datos adecuados para poder calcular y analizar los índices más detallados y más a menudo, identificando los instrumentos y las medidas administrativas necesarios para llevar a cabo la recolección de estos datos.

Operación de la planta.

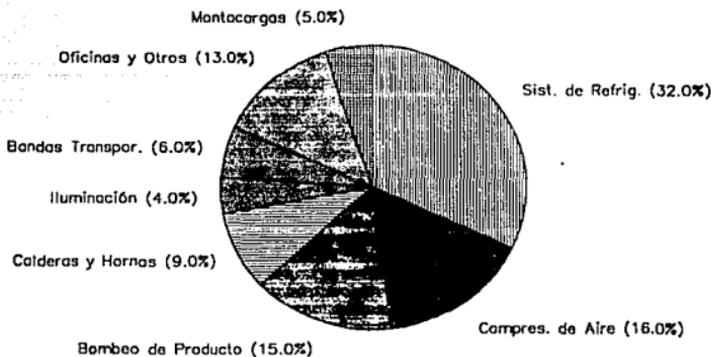
El DEN1 provee información sobre la operación de la instalación y los procesos usados en la fabricación de los distintos productos. Los índices de consumo energético relacionados con producción indican cómo varía el uso de la energía en el período de referencia. Cuando estos índices se desvían del valor medio, o se encuentra arriba de los valores estándares para el tipo de proceso, puede haber oportunidades de mejoras en la eficiencia energética.

Figura III.3 Ejemplo de un Balance Energético Global de una Planta

BALANCE ENERGETICO TERMICO



BALANCE ENERGETICO ELECTRICO



La razón para tales desviaciones puede no estar necesariamente relacionada con la operación de la planta, por ejemplo, variaciones climatológicas, calidad de materia prima. El auditor debe estar consciente de este tipo de situaciones, y asegurarse de tener la información correspondiente para poder identificar las causas de las variaciones en los consumos.

Algunos de los signos de una mala operación en planta son obvios, por ejemplo, equipo en mal funcionamiento, instrumentación y controles en mal estado por falta de reparaciones, materiales de desperdicio regados por la instalación, tubos de luz dañados y equipo operando innecesariamente. Esto implica que el panorama para mejoras será grande en una instalación así. Sin embargo, aún cuando las oportunidades puedan ser identificadas, hay algunos factores que dificulten implantar medidas orientadas a la mejora de las operaciones, como:

- * Falta de capital.
- * Falta de mantenimiento preventivo adecuado.
- * Procedimientos operacionales no establecidos.
- * Falta de una administración y de una operación hábil; falta de interés por parte de la administración y de los empleados.

Es improbable que una planta mal operada cuente con buenos registros, siendo entonces difícil determinar las condiciones de operación. Si ese es el caso, se deberán investigar a detalle, así como las causas de sus deficiencias con entrevistas y observaciones minuciosas, y mediciones. Las recomendaciones deberán presentarse de forma precisa y detallada, tomando en cuenta la realidad de la situación en la planta.

III.1.4.5. Paso No. 5: Estimación del Potencial de Ahorro Energético

Usualmente, un DEN1 permite identificar un potencial de ahorro del 10 al 20% del consumo global de energía en la planta. La estimación del mismo depende de las observaciones durante el recorrido por la planta y de las mediciones, así como de la experiencia del equipo auditor. Las oportunidades de ahorro de energía que resultan de un DEN1 determinan de una forma preliminar el alcance de este potencial, que generalmente estará dado en términos de porcentajes, como por ejemplo:

- * Ajuste de controles mal calibrados; reparación de controles en mal funcionamiento. Controles defectuosos pueden conducir a desperdicios de energía, y también afectar a la calidad del producto. Si la temperatura de operación de calentamiento puede ser reducida en 1°C, pueden conseguirse ahorros de energía entre el 0.5% y el 3%, dependiendo de las diferencias de temperaturas involucradas.
- * Suspensión de operación de equipos cuando su funcionamiento no es requerido, y adecuación de los programas de operación, como

por ejemplo, reduciendo tiempo de calentamiento al mínimo requerido. Si un motor que opera 10 horas por día puede ser parado durante 5 horas, el ahorro será del 50% de su consumo estimado.

- * Reparación de trampas de vapor en mal estado. Cada trampa en mal estado está perdiendo por lo menos 2.5 kg/h de vapor.
- * Reemplazo de aislamiento dañado o perdido. El cálculo se base en estimaciones de temperatura de superficie, ahorrándose hasta el 90% de las pérdidas de calor.
- * Mejora de la eficiencia de la combustión. Las mejoras menores en la eficiencia de la combustión pueden significar el 1% y el 3% de ahorro de combustible.
- * Retorno del condensado adicional. Se estima 1% de ahorro en combustible usado para la generación de vapor, por cada 10% de condensado adicional retornado.
- * Corrección del factor de potencia de los equipos.
- * Limpieza de equipos, por ejemplo, una desincrustación del lado de agua en los tubos de una caldera, puede representar un ahorro de hasta 1 a 2% del consumo de combustible.

EL DEN1 también permite identificar oportunidades de ahorro que requerirán estudios específicos durante el diagnóstico de segundo nivel, tales como:

- * Mejora de los sistemas de control de combustión.
- * Mejoras en el control de otros equipos importantes, como compresores de aire, de refrigeración; y ventiladores.
- * Recuperación de calor de corrientes de gases o líquidos de salida.
- * Reemplazo de los principales equipos consumidores de energía, tales como quemadores y calderas, como también equipos de proceso.
- * Instalación de un sistema de cogeneración para aprovechar las necesidades de calor de baja temperatura a través de turbinas que generarían electricidad.

III.1.4.6. Paso No. 6: Evaluar Programas de Ahorro de Energía en la Empresa.

Como parte final del DEN1, se debe evaluar el Programa de Ahorro de Energía, identificando sus puntos fuertes y débiles y recomendando mejoras a todos los niveles. Si no existe formalmente tal programa, se deben sentar las bases para su implantación. Esta

presentación debe ser dirigida al director general de la instalación con el fin de asegurar que se den los pasos necesarios para implementar las recomendaciones. Se discute, por ejemplo:

- * Fortalecer el compromiso de alta gerencia.
- * Involucrar y responsabilizar personal de planta adecuado, que entienda el problema y sea capaz de coordinar el programa.
- * Implementar sistemas de información y de control para el seguimiento del programa.
- * Asignar de recursos económicos para implantar las recomendaciones.

III.1.4.7. Paso No. 7: Elaboración del Informe del Diagnóstico del Primer Nivel.

El paso final es de preparar un informe que contenga las observaciones y conclusiones del DENI, haciendo énfasis en las oportunidades de ahorro de energía, y el plan de acción para implantarlas, y conteniendo las bases y los pasos seguidos en análisis. Este informe también deberá de presentar todos los datos energéticos básicos de la planta en una forma consistente para que se puedan comparar los parámetros energéticos de diferentes plantas. En la Tabla III.7 se presenta un bosquejo del informe recomendado para los DENI.

Resumen Ejecutivo.

El propósito del resumen es de permitir a la alta gerencia de obtener en forma breve todos los resultados importantes, y entender de inmediato los resultados del diagnóstico, y los costos y beneficios de las recomendaciones. Este resumen no deberá de sobrepasar cuatro páginas.

Capítulo I. Descripción de la Planta.

Este capítulo sirve como un marco de referencia de la planta en el momento en que se hizo el diagnóstico. No deberá de llevar más de 3 a 4 páginas, resumiendo los datos básicos de la planta en forma concisa y directa. La información de base que deberá estar en estas páginas incluye la siguiente:

- * Datos generales de la planta: localización, tamaño, edad.
- * Tipos de líneas de producción; departamentos y productos principales.
- * Consumos de energéticos anuales, incluyendo demanda eléctrica máxima.
- * Costos de combustible y tarifas eléctricas aplicables.

Tabla III.7. Índice del informe del Diagnóstico de Primer Nivel.

Resumen Ejecutivo

- Conclusiones del análisis.
 - Lista de oportunidades de ahorro de nula y baja inversión.
1. Descripción de la Planta
 - Ubicación, descripción de procesos, contactos.
 - Productos principales; diagrama de bloques del proceso.
 2. Análisis de Consumos Energéticos de la Planta
 - Presentación de manera gráfica de los costos y consumo de energía.
 - Balances energéticos globales de energía eléctrica y térmica.
 - Gráficas de variación mensual de consumo energético y de producción.
 - Identificación de equipo de mayor consumo, con diagramas Sankey.
 3. Recomendaciones Técnicas
 - 3.1. Estado general de planta.
 - Situación encontrada
 - Comentarios generales
 - 3.2. Oportunidades de ahorro de energía de bajo o nulo costo.
 - Recomendación
 - Estimación de ahorro
 - Estimación de inversión requerida
 - Relación costo-beneficio
 - 3.3. Otras oportunidades de ahorro de energía.
 4. Recomendaciones Administrativas
 - 4.1. El Programa de Ahorro de Energía.
 - Cuáles datos a recopilar
 - Seguimiento a la recopilación de datos
 - Responsabilidades; Comité de Energía
 - Programa de incentivos
 - 4.2. Otras recomendaciones.
 - Modificación de esquemas de mantenimiento
 - Seguir o no seguir con diagnóstico de segundo nivel.

ANEXOS

Capítulo 2. Análisis de Consumos Energéticos.

- * Repartición de consumos y costos de energía (ver Figura III.2.).
- * Balance energético global de la planta (ver Figura III.3.).
- * Variaciones mensuales de consumo de energía y de producción.
- * Diagramas Sankey mostrando balances energéticos del equipo más importante de la planta (Figura III.4.).

El capítulo además deberá incluir como referencia un esquema simplificado del proceso (ver ejemplo en la Figura III.1.).

Capítulo 3. Recomendaciones Técnicas.

La primera parte de este capítulo describe la situación encontrada en la planta, y las observaciones del equipo auditor. Se presenta aquí una apreciación general del estado de la planta, inclusive el estado de equipo, el estado de mantenimiento, la calidad del personal, y la calidad de la producción. Se mencionan observaciones específicas ligadas con derroches o ahorros de energía.

En la segunda parte se presentan las oportunidades de ahorro de nulo o bajo costo de realización. Cada una de las oportunidades de ahorro de energía debe de venir en su página aparte con los siguientes incisos:

Recomendación: una presentación clara y concisa de las acciones a tomar para poder lograr los ahorros esperados.

Estimación de Ahorro: presentación de las suposiciones y los cálculos que se hicieron para llegar al ahorro estimado de la recomendación.

Estimación de Inversión: explicación de las suposiciones y los cálculos que se hicieron para llegar a la inversión requerida para realizar la recomendación.

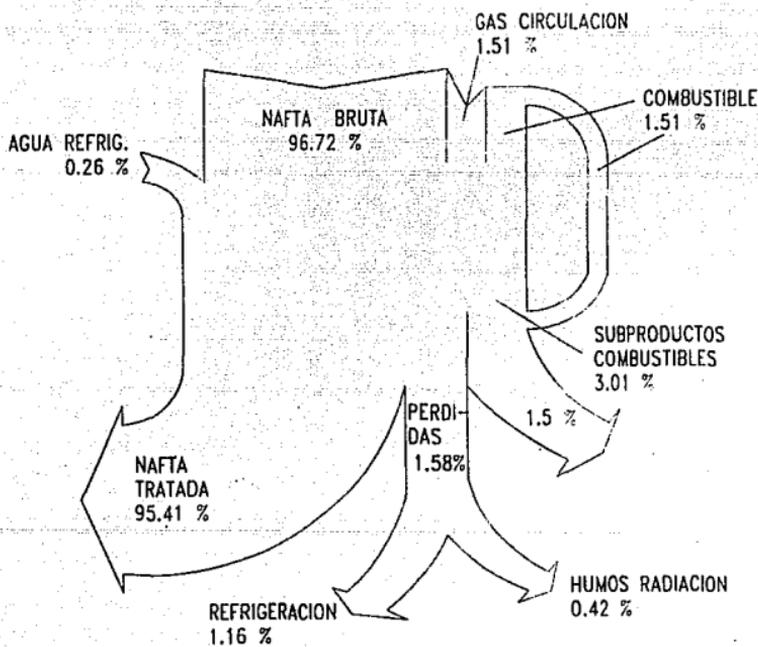
Período de Recuperación: la relación entre la inversión estimada y el ahorro anual estimado, que resulta en el período de recuperación simple.

En la última parte de este capítulo en el reporte se presenta una lista de oportunidades de ahorro que, 1° ya no son nula o baja inversión; ó 2° no se les ha podido cuantificar y evaluar con los recursos limitados del DEN1. En esta lista debe de incluirse un comentario sobre la posibilidad de instalar o aumentar un sistema de cogeneración de electricidad y energía térmica.

Capítulo 4. Recomendaciones Administrativas.

Este capítulo complementa las recomendaciones técnicas con las administrativas o de gerencia. Es muy importante describirlas de una manera sumamente clara, directa, y aplicable a la empresa. La

Fig. III.4 Ejemplo del Diagrama Sankey para un tratamiento de Naftas



discusión incluirá la definición de responsabilidades de las personas involucradas en la realización del programa, incluyendo la supervisión del programa, la implementación técnica, y el seguimiento y monitoreo.

Como última recomendación administrativa, el informe del DEN1 debe definir si es conveniente proceder al diagnóstico de segundo nivel. Si así fuera, deberán presentarse las razones, determinar el alcance de DEN2, y proporcionar los términos de referencia para su elaboración.

Anexos.

En los anexos o apéndices del informe se incluyen datos de apoyo, como por ejemplo, esquemas de la planta, datos recopilados durante el trabajo de campo, mediciones, y otros datos intermedios que se utilizan en los cálculos o estimaciones. En un anexo del DEN1 también debe presentarse una lista de equipos importantes en el consumo de energía térmica, con sus capacidades, e igualmente una lista de motores eléctricos con sus funciones y tamaños.

III.2 DIAGNOSTICO ENERGETICO DE SEGUNDO NIVEL

El Diagnóstico Energético de Segundo Nivel (DEN2) permite realizar el análisis detallado en una empresa industrial, comercial o de servicios y establecer las bases para la toma de decisiones sobre la realización de proyectos de ahorro de energía.

El DEN2 normalmente sigue a un DEN1. En algunas empresas se puede proceder directamente con el DEN2, incluyendo en todos los elementos del DEN1 descritos en el capítulo anterior.

En buena medida el éxito de un DEN2, depende de la capacidad y experiencia de los técnicos que participan en él.

III.2.1. Objetivos del Diagnóstico Energético de Segundo Nivel.

El objetivo final es la identificación de medidas técnicas y administrativas rentables para el ahorro de energía en toda la empresa (en una industria por ejemplo abarca tanto el equipo de proceso como en servicios auxiliares). Para llegar a ese objeto, deben emplearse las siguientes metas:

- * El análisis preliminar de datos sobre consumos, costos de energía y de producción para mejorar el entendimiento de los factores que contribuyen a la variación de los índices energéticos de la planta. Está basado en los resultados del DEN1.

- * Obtener el balance energético global de la planta, así como balances energéticos específicos de los equipos y líneas de producción intensivas en consumo de energía para su cuantificación.
- * Identificar las áreas de oportunidad que ofrecen potencial de ahorro de energía.
- * Determinar y evaluar económicamente los volúmenes de ahorro alcanzables y las medidas técnicamente aplicables para lograrlo.
- * Analizar las relaciones entre los costos y los beneficios de las diferentes determinaciones dentro del contexto financiero y gerencial de la empresa, para poder priorizar su implementación.
- * Desarrollar un plan de acción para la realización de todos los proyectos de ahorro de energía, incluyendo fechas, metas y responsabilidades; tal plan de acción permitirá reemplazar y dar continuidad al Programa de Ahorro de Energía de la empresa.

III.2.2. Personal a desempeñar el DEN2.

Según se mencionó en la introducción de este capítulo, la capacidad y experiencia del personal que conduzca el DEN2, es el factor que define su éxito.

Usualmente este personal se le refiere como auditor energético y los requisitos que deben cumplir son los siguientes:

- * Experiencia de haber trabajado en varias industrias.
- * Sentido práctico, y conocimiento del funcionamiento de equipos.
- * Conocimiento de instrumentación, sus aplicaciones y sus limitaciones.
- * Curiosidad técnica y pensamiento analítico.
- * Buena base en los principios de ingeniería.
- * Habilidad para hacer cálculos.
- * Buen carácter para tratar con la gente; paciencia.
- * Compromiso con su trabajo.

El equipo de trabajo básico requerido para hacer el DEN2 típicamente se compone de: un experto en el proceso y equipos de la planta, un experto en energía térmica y un experto en energía eléctrica. Normalmente el experto térmico o el de proceso, asume la función de coordinador.

El experto en procesos preferentemente debe ser un ingeniero mecánico o químico, que conozca los detalles de operación y producción de un cierto proceso o un rango de diferentes operaciones unitarias, y los principios de eficiencia energética aplicados

al proceso. Una persona experimentada en el proceso de producción de papel, por ejemplo, puede aplicar su conocimiento en casi cualquier papelería; de igual manera un solo experto puede cubrir toda la rama agroalimentaria debido a que los procesos están formados por equipos y tecnologías similares; en la industria química, existen procesos muy específicos, por lo tanto, conviene asegurarse de la experiencia del experto en el proceso particular de que se trate.

El experto en energía térmica es un ingeniero mecánico o químico con amplios conocimientos teóricos y prácticos y sobre el diseño y la operación de equipos que utilizan energía térmica: calderas, quemadores, sistemas de vapor y condensados, hornos, secadores, evaporadores, sistemas de refrigeración, etc.

El experto en energía eléctrica puede ser un ingeniero eléctrico, mecánico o electrónico que tiene conocimiento práctico y teórico, de sistemas eléctricos y del equipo que utiliza energía eléctrica: generadores, transformadores, motores, sistemas de control, sistemas de velocidad variable, compresores, ventiladores, bombas, etc.

En algunos casos, dependiendo de su experiencia, uno de los expertos podría tomar responsabilidad de dos áreas; por ejemplo, el experto en procesos puede también tomar la responsabilidad de la parte térmica, o el eléctrico puede cubrir parte del proceso. En realidad, se recomienda que los expertos cuenten con una amplia experiencia, no limitada a su área de experiencia: determinación de medidas de ahorro normalmente requiere de experiencia de varios campos. Por ejemplo: la aplicación de un equipo de frecuencia variable para regular la velocidad de un sistema de bombeo requiere de experiencia eléctrica, los ahorros de la instalación de tal sistema dependen totalmente de cuanto y durante que período se podría variar la velocidad del equipo en función de los requisitos en proceso, implicando tener conocimientos sobre el proceso particular.

Los auditores energéticos tienen que saber aprovechar de manera correcta los datos de instrumentos fijos existentes en la instalación y de instrumentos portátiles para su uso temporal. Al mismo tiempo tienen que estar siempre conscientes de las limitaciones de ambos tipos de instrumentos.

Un buen auditor confirma la validez de cada dato o medición, y está siempre tratando de verificar y comprobar cada dato, a través de mediciones adicionales, o bien a través de balances de energía o masa, de su experiencia o de las leyes de la física. El auditor debe, igualmente, usar sus conocimientos y su criterio cuando recoja o interprete los datos relacionados con el uso de energía para interpretarlos adecuadamente.

III.2.3. Tiempo requerido para un DEN2.

El tiempo que se debe emplear para llevar a cabo un DEN2 depende de varios parámetros, en los que destacan las siguientes:

- * El tamaño de la instalación, objeto del DEN2.
- * El consumo de energía de las instalaciones.
- * El número de diferentes procesos o productos o actividades desarrolladas en la instalación la disponibilidad de datos.
- * Presupuesto disponible.

Para fines prácticos se toman los primeros dos parámetros como los claves, para estimar el tiempo requerido. En la Tabla III.8. se presentan rangos del esfuerzo requerido para completar un DEN2, incluyendo la revisión de las medidas propuestas con el personal de la planta y la elaboración del informe final.

El presupuesto disponible es un parámetro no técnico que puede limitar el tiempo para completar un DEN2: en muchos casos es difícil convencer al empresario de un trabajo de consultoría en energía. Un buen auditor sabrá optimizar sus esfuerzos para entregar el mejor dentro de las limitaciones presupuestales que se le impongan.

Tabla III.8. Rangos de tiempo estimado para desarrollar un DEN2.

Tamaño de Industria	Consumo de Energía (tep/año)	Tiempo requerido (meses-hombre)
Pequeña	0 - 5,000	1 - 3
Mediana	5,000 - 15,000	2 - 5
Grande	> 15,000	3 - 8

Nota: tep = toneladas equivalentes de petróleo.

III.2.4. Pasos a seguir para realizar un Diagnóstico Energético de Segundo Nivel.

Con fines de proporcionar una metodología de trabajo consistente, a continuación se describen las actividades mayores involucradas en un DEN2 en 8 pasos (Tabla III.9).

III.2.4.1. Paso No. 1. Planificar el Diagnóstico.

Este primer paso tiene lugar antes de las visitas de campo y se realizan en gabinete. Su objetivo es asegurar que el equipo esté

bien preparado y organizado, para poder maximizar el aprovechamiento del tiempo que se invierta en el DEN2. Se deberá revisar todos los antecedentes y juntar toda la información disponible sobre la instalación para poder hacer una planificación adecuada del trabajo. Dentro de esta información puede incluirse:

- * Una copia del reporte del DEN1, si existe o si está disponible.
- * Información general sobre la instalación incluyendo la situación financiera de la compañía.
- * Memorias de comunicaciones con el personal de planta, minutas de reuniones o de discusiones telefónicas.
- * El contrato con la planta, y sus requerimientos.
- * El personal técnico (auditores) disponibles, y su experiencia.
- * La capacidad y disponibilidad del personal que opera la instalación.

Tabla III.9. Pasos en un Diagnóstico Energético de Segundo Nivel.

- | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Paso No. 1. Planificar el Diagnóstico.</p> <p>Paso No. 2. Recopilar y Revisar Datos.</p> <p>Paso No. 3. Completar Trabajo Preparatorio.</p> <p>Paso No. 4. Efectuar Trabajo de Campo y Mediciones.</p> <p>Paso No. 5. Analizar los Datos Recolectados.</p> <p>Paso No. 6. Identificar y Analizar Oportunidades de Ahorro de Energía.</p> <p>Paso No. 7. Revisar Conclusiones con Personal de la Planta.</p> <p>Paso No. 8. Preparar Informe y Desarrollar Plan de Acción.</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

El resultado de la revisión y evaluación de esta información debería de conducir a un plan de trabajo para la ejecución del diagnóstico. Este plan incluirá los alcances del DEN2 en la planta, la identificación de las tareas del diagnóstico (los siguientes pasos) con los expertos responsables para cada una de ellas, y el tiempo y presupuesto que se debe aplicar a cada tarea.

III.2.4.2. Paso No. 2. Recopilar y Revisar Datos.

Si un diagnóstico energético de primer nivel (DEN1) ya ha sido efectuado, este paso no llevará mucho tiempo. Sin embargo, aún en este caso, es absolutamente necesario que todos los datos del DEN1 se revisen y comprueben con el personal adecuado de la planta. Además, es de importancia primordial revisar el Programa de Ahorro de Energía de la empresa, si existe, con un funcionario de jerarquía y experiencia de la compañía. Si no hubiera un programa formal, el consultor debe comprender e interpretar las razones de dicha inexistencia.

Si no se había llevado a cabo previamente un DEN1, la recopilación de datos, y su revisión con el personal de la planta tomará más tiempo. Se utilizaría la misma metodología descrita para la elaboración del diagnóstico de primer nivel.

III.2.4.3. Paso No. 3. Completar Trabajo Preparatorio.

El objetivo de este paso es la preparación de todo lo necesario para el levantamiento de datos sobre la operación de la instalación, el equipo auditor asegura que todo esté preparado para el trabajo detallado del diagnóstico y las mediciones. Los siguientes son los aspectos importantes a revisar por los auditores:

- * Requerimientos de instrumentación que dependen de los siguientes factores: tipo de datos a recolectarse, procedimientos de medición a emplearse, ubicación de los puntos para toma de datos y disponibilidad de instrumentación en la instalación en el mercado.
- * Que todos los instrumentos a usarse reciban el mantenimiento requerido o se reparen si es necesario. Si se va a necesitar algún instrumento adicional a los normalmente utilizados (Tabla III.10), tendría que conseguirse.
- * Asegurar que todos los lugares donde se van a tomar mediciones estén accesible y listos para ser medidos. Las escaleras tienen que estar disponibles, los agujeros hechos en chimeneas y ductos, y personal de mantenimiento preparado para prestar su apoyo.
- * El prever que las fechas y tiempos de diferentes mediciones no interfieran con la operación del equipo a ser medido, ni con la operación de la planta en general. Las fechas seleccionadas

para las mediciones deben ser representativas de días normales de operación de la planta.

Tabla III.10. Instrumentos, Equipos, y Herramientas para el Diagnóstico de Segundo Nivel.

- Analizador químico de gases de combustión.
- Analizador electrónico de gases de combustión.
- Dispositivo para prueba de humo (si no viene incluido arriba).
- Indicador electrónico de temperatura (termopar tipo J o K), sondas de aire, líquido, de fundición, de superficie.
- Medidor de flujo de aire o gases.
- Manómetro (o medidor de presión diferencial).
- Psicrómetro (de aspiración o electrónico).
- Medidor de sólidos disueltos en el agua.
- Amperímetros de gancho.
- Wattmetro.
- Medidor de factor de potencia factorímetro.
- Luxómetro.
- Estetoscopio mecánico o ultrasónico.
- Pirómetro óptico o infrarrojo (0-3000°C).
- Tacómetro.
- Flexómetro.
- Linterna.
- Cronómetro.
- Equipo de protección (casco, guantes, anteojos, protectores de oídos).
- Herramientas varias.

III.2.4.4. Paso No. 4. Efectuar Trabajo de Campo y Mediciones.

El objetivo del trabajo de campo es obtener datos e información operacional de los equipos y sistemas en la instalación. Mientras que el Paso 2 y el DEN1 se concentraron sobre los datos generales a nivel planta, este paso se avoca a la investigación detallada de la operación de los mayores consumidores de energía en la planta.

El trabajo consta de dos partes principalmente. En primer lugar se llevan a cabo mediciones en ciertos equipos para evaluar la eficiencia de los mismos, o para poder calcular un balance energético que permitirá de identificar y evaluar mejoras en su operación..

La segunda parte del trabajo de campo consiste en la revisión de datos con los que el auditor energético pueda evaluar todos los aspectos relativos de consumo de energía en la instalación. Estos datos se consiguen en varias fuentes y en varias maneras (ver Tabla III.11):

Tabla III.11. Ejemplos de información a recopilar durante el trabajo de campo del DEN2.

Para la planta total:

- * Diagramas o esquemas de los sistemas de vapor, electricidad, agua, agua helada, aire comprimido.

Para equipos específicos:

- * Datos de placa o de diseño; hojas de especificaciones; manuales de operación.
- * Datos de bitácoras u hojas de operación, describiendo condiciones actuales de operación diaria u horaria.
- * Informes sobre pruebas o análisis de la operación del equipo.
- * Información de los operadores sobre los detalles, las particularidades y los problemas de la operación del equipo.

- * Se puede emplear los formularios que corresponden a diferentes equipos como punto de partida.
- * A través de entrevistas tanto con los directivos de la empresa como con personal de operación y mantenimiento de diversas

áreas y equipos identificados como importantes en el consumo de energía de la planta.

- * Examinando archivos; se copian datos de bitácoras y de las hojas de operación para poder evaluar la operación típica de ciertos equipos.
- * Observando la operación de diferentes equipos o líneas de proceso, preguntándose quién está a cargo de la operación, y bajo qué criterios toma las decisiones que afectan los consumos energéticos, la productividad, o la calidad del producto.

En el esfuerzo del auditor energético por entender bien la operación de la planta, una de las preguntas más importantes es: "¿Cómo se controla un sistema, o un equipo?". Al auditor le debe interesar si el control es manual o automático, si está ligado a otros equipos, su precisión, sus puntos de referencia, y sus parámetros de diseño.

III.1.4.5. Paso No. 5. Analizar los Datos Recolectados.

Antes de terminar su estancia en la instalación, el auditor energético debe de revisar todos los datos recopilados, y repetir cualquier parte de la recolección de información donde encuentre inconsistencia o imprecisiones significativas para poder iniciar con el análisis de los mismos. Este análisis puede tomar varias formas, dependiendo de la cantidad y precisión de los datos:

- * Datos de consumo y producción se pueden analizar por medio de gráficas para apreciar mejor las variaciones relativas.
- * Si hay muchos datos bajo condiciones similares (producción diaria de la planta o de una línea durante unos meses) un análisis estadístico puede permitir establecer la operación típica o normal.
- * Calculando balances energéticos de los equipos o sistemas que se midieron en la planta. Donde sea posible, se deberían comprobar los datos de dos mediciones o fuentes independiente.
- * Calculando eficiencias, como por ejemplo de combustión, basadas en las mediciones puntuales efectuadas en la planta.

III.2.4.6. Paso No. 6. Identificar y Analizar Oportunidades y Medidas para Ahorro de Energía.

Todas las actividades descritas en los cuatro pasos anteriores deberían de conducir a la identificación de oportunidades y medidas para ahorro de energía. La metodología de evaluación propuesta se presenta en la Tabla III.12.

**Tabla III.12. Evaluación de Oportunidades
de Ahorro de Energía**

1. Evalúe las condiciones de operación prevalecientes

- Horas de operación
- Método de operación
- Requerimientos energéticos
- Especificación inicial del producto
- Especificación final del producto bajo las condiciones prevalecientes.

2. Identifique métodos de operación alternativa

- Horas de operación
- Método de operación
- Requerimientos energéticos
- Especificación final del producto bajo las condiciones alternas de operación.

3. Calcule el consumo energético alternativo de operación

4. Determine la factibilidad del método alternativo de operación

- Calidad del producto
- Costo

5. Haga un estimado del ahorro

- Diferencia en el consumo energético
- Ahorro del costo energético

6. Decida si se implementa el método alternativo

- Necesidades de capital
- Estudios de factibilidad

7. Prepare una descripción escrita

Las oportunidades de ahorro de energía se identifican aprovechando la experiencia de los auditores, antecedentes en otras instalaciones similares y referencias bibliográficas a través del análisis detallado de los sistemas de la instalación en particular.

Para cada oportunidad identificada se deben la(s) medida(s) para aprovecharla y su rentabilidad en base a su costo de realización y ahorros esperados.

Las medidas de ahorro se clasifican en tres categorías:

1. Medidas sin costo, o de bajo costo, que tienen un período de recuperación de menos de 6 meses; éstos incluyen cambios en la operación, mejoras en mantenimiento, y procedimientos para racionalizar el uso de la energía.
2. Medidas de inversión media, que muchas veces implican mejoras o cambios de equipos y con períodos de recuperación de 6 meses a 2 años.
3. Medidas de inversión mayor, como por ejemplo cambios de equipo importante o de líneas de producción. Estas pueden tener períodos de recuperación de 18 meses y arriba o superiores y normalmente, por el monto de la inversión, pueden justificar estudios de factibilidad antes de ser realizadas.

III.2.4.7. Paso No. 7. Revisar Conclusiones con Personal de la Empresa.

Para asegurar que la empresa tenga la disposición de aceptar las recomendaciones son aplicables a sus condiciones particulares, es recomendable que se revisen las condiciones del diagnóstico con el personal de la empresa antes de llevarlas a un informe final.

III.2.4.8. Paso No. 8. Preparar Informe y Desarrollar Plan de Acción.

La preparación del informe es un paso sumamente importante: el informe es el producto final del DEN2. Al presentar los resultados y las condiciones del diagnóstico, el informe debería de convertirse en un plan de acción para la empresa en su Programa de Ahorro de Energía.

Como plan de acción, el informe debe contener un cronograma para la ejecución de la serie de medidas recomendadas priorizadas según su rentabilidad y el nivel de inversión requerida. Algunas medidas, como por ejemplo cambios en la operación y mantenimiento, puedan implementarse de inmediato y sin inversión. En ciertas empresas, los ahorros de estas primeras medidas se utilizarán para financiar la implementación. En empresas que cuentan con el presupuesto suficiente se podrán realizar varias medidas en paralelo desde el principio.

Se recomienda que el informe y el plan de acción incluyan lineamientos sobre los procedimientos para el seguimiento de los ahorros, sugiriendo la utilización de datos de consumo y de producción, y los índices energéticos, para comprobar los ahorros .

III.2.5. El Informe del Diagnóstico de Segundo Nivel.

Como el informe es el único resultado inmediato del DEN2, su redacción y presentación es de gran importancia. El informe debe contener tres secciones:

- * El resumen, dirigido al ejecutivo y a otras personas con poder de decisión, representa un sumario conciso de las conclusiones del diagnóstico, y contiene la lista de medidas recomendadas, el plan de acción, resumen financiero, y comentarios generales sobre la existente y futura operación de la planta.
- * La presentación técnica, dirigida a los ingenieros y técnicos de la empresa, con la explicación clara, concisa, y lógica de cada una de las recomendaciones, y la manera de llevarlas a la práctica.
- * Los apéndices o anexos, recopilando toda la información de apoyo utilizada en los cálculos técnicos y financieros. Aquí se incluyen diagramas, mediciones, curvas de operación de equipos, cotizaciones, memorias de cálculo y demás datos empleados durante el DEN2.

En la Tabla III.13 se presenta el contenido de un informe típico de un DEN2. Las secciones a continuación proporcionan más detalle sobre el informe.

Tabla III.13. Ejemplo del Índice del Informe Final de la Auditoría Energética.

Resumen Ejecutivo

Antecedentes.

Resumen de recomendaciones con costos y beneficios.
Plan de acción.

1. Presentación de la Planta.

2. Hipótesis y Bases de Cálculo.

- Precios de energéticos (combustible, electricidad, agua).
- Precios de otros parámetros (mano de obra, mantenimiento, agua tratada).
- Bases de cálculos financieros (tasa de rentabilidad requerido por la empresa, plazo de amortización requerido).

3. Consumo Energético y Balances Energéticos.

- Datos durante el período de referencia (consumos energéticos, producción).
- Balances de energía (térmica, eléctrica, agua).
- Análisis de la variación de los consumos específicos energéticos (de índices energéticos).

4. Recomendaciones.

4.1. Oportunidades de Ahorro de Energía Inmediatas de Bajo Costo o Sin Costo.

- Acción concreta
- Descripción y antecedentes
- Beneficios
- Costos de inversión
- Rentabilidad financiera
- Contexto técnico
- Plan de acción.

4.2. Oportunidades de Ahorro de Energía Requiriendo Inversión.

4.3. Oportunidades de Ahorro de Energía Requiriendo Inversión importante.

4.4. Programa de Ahorro de Energía (serie de medidas)

- Rentabilidad financiera.
- Plan de acción: definición de responsabilidades.
- Monitoreo y supervisión.

ANEXOS

Resumen del Informe.

La finalidad del resumen es permitir a la alta Gerencia de la empresa conocer los resultados importantes del DEN2 en unas pocas páginas, y entender de inmediato el alcance, el costo, y los beneficios de las recomendaciones. La parte clave del resumen es una tabla resumiendo las medidas propuestas, cada una con su inversión requerida, sus ahorros esperados, y su periodo de recuperación. El orden de presentación de las medidas corresponde al orden de realización recomendado.

Capítulo 1. Descripción de la Planta.

En este capítulo se describe la manera general como se llevó a cabo el DEN2. Incluyendo la presentación de la organización administrativa y técnica de la empresa y la descripción de los procesos de producción y las características de operación de la instalación auditada.

Capítulo 2. Hipótesis y Bases de Cálculo.

Este capítulo contiene la información básica que se obtuvo y que sirvió como base de los cálculos y análisis que se discuten en el informe. Se recomienda el uso de tablas para presentar los datos económicos como:

- * Precios de energéticos primarios (combustibles, electricidad, agua).
- * Precios de servicios (vapor, agua tratada, agua helada, aire comprimido).
- * Precios de mantenimiento, mano de obra.

Se deben incluir en este capítulo los parámetros que se emplean para los cálculos financieros y de costo beneficio de las recomendaciones, como por ejemplo, la tasa de rentabilidad mínima requerida por la empresa para autorizar inversiones.

Capítulo 3 Consumo Energético y Balances Energéticos.

Incluye la información sobre energía y producción en la instalación. Este capítulo debe permitir entender la operación de la instalación y compararla con otras similares. Es esta información la que sirve como base de todos los cálculos de ahorro y de inversión que se presentan en el Capítulo 5 del informe. El Capítulo 4 se divide normalmente en tres secciones:

- * Consumos de energía durante el periodo de referencia relacionados con datos de producción durante el mismo periodo. Una presentación gráfica de variación mensual sería recomendable. Estos datos se presentan en forma global para toda la instalación y desglosados para los diferentes procesos o áreas de interés.

- * Cálculos y balances de energía, tanto eléctrica como térmica. Normalmente se presenta además un balance del uso de agua. Si existen datos, o se han calculado como parte del diagnóstico, se presentan también balances de energía particulares de algunos procesos importantes.
- * Índices energéticos globales y/o de diferentes áreas de la instalación y sus variaciones a través, en relación a los volúmenes de producción.

Capítulo 4. Recomendaciones.

Todas las recomendaciones, sobre oportunidades de ahorro y las medidas propuestas, incluyendo comentarios sobre como eficientar la operación se conjuntan en este capítulo. Las recomendaciones se presentan normalmente en tres categorías, como se discutió en la Sección III.2.4.6.

Cabe hacer notar que existen dos maneras de presentar las medidas de ahorro correspondientes a las oportunidades identificadas:

- 1) Cada medida en forma independiente de las demás. Se presenta sencillamente una lista de oportunidades y se le deja al cliente la decisión de priorizar su realización.
- 2) En el orden de realización recomendado por los auditores. En este caso, la realización de cada oportunidad supone que todas las anteriores ya están realizadas o en vías de realización. El resultado es más que una lista de oportunidades: es un plan de acción.

Se sugiere utilizar la segunda manera, ordenando las medidas en base a la experiencia del auditor y su conocimiento de la situación en la instalación. Esto facilita la planificación para la etapa de realización y permite estimar los ahorros potenciales

Cada medida de ahorro debe documentarse para contener:

Acción Concreta: una definición clara y concisa de las acciones a tomar para asegurar el logro de los ahorros previstos; incluyendo una lista de pasos requeridos para implementar la medida.

Descripción y Antecedentes: la descripción de la situación actual, qué es lo que se encontró, cómo se midió, y el por qué se recomienda esta medida.

Beneficios: presentación de todos los beneficios que va obtener la empresa al implementar la medida, incluyendo ahorros en energía térmica y/o eléctrica, suposiciones y la memoria de cálculo del ahorro, restando en su caso aumentos en consumos de algunos energéticos, costo de mantenimiento, u otros costos que se incrementarían al implementar la medida.

Costos de Inversión: detalle de todos los costos iniciales requeridos para realizar la medida, incluyendo equipos, ingeniería, instalación, impuestos, y otros costos. Para un DEN2, las estimaciones de costos deben tener una precisión con un margen de error no mayor a un 20%.

Rentabilidad Financiera: para medidas que requieren baja inversión, la rentabilidad financiera se puede definir sencillamente con el período simple de recuperación en años (inversión requerida dividida entre el ahorro anual). Para medidas con períodos de recuperación de dos años o más, se sugiere agregar un análisis de flujo de caja, y calcular la tasa interna de retorno.

Contexto Técnico: a veces la implementación de una medida puede afectar otras medidas, o requiere de alguna consideración especial. En esta sección se describen estas interrelaciones y consideraciones.

Plan de Acción: se presentan los pasos a seguir en la realización del proyecto o de la medida recomendada, con su programación, para poder estimar el tiempo total de la realización.

Capítulo 5. Programa Global de Ahorro de Energía.

Se resumen todas las medidas en un programa global de ahorro de energía para la compañía. Se presenta la rentabilidad financiera del programa, como también un plan de acción para implementarlo.

Esta presentación del programa debe incluir tanto la parte técnica como la administrativa. Es muy importante describirlo de la manera más clara, directa, y aplicable a la empresa. La discusión incluirá la definición de responsabilidades de las personas involucradas en la realización del programa, incluyendo la supervisión del programa, la implementación técnica, y el seguimiento y monitoreo.

Anexos.

En los anexos o apéndices del informe se agregan datos de apoyo, como por ejemplo, esquemas de la planta, datos recopilados durante el trabajo de campo, mediciones, y otros datos intermedios que se utilizan en los cálculos del diagnóstico, información técnica sobre algunos equipos recomendados y estimaciones de costos o cotizaciones (si están disponibles) de proveedores.

III.3 REFERENCIAS DEL CAPITULO III

- 1 García Beltrán, Jesús Fco., Flores Puebla, Hugo. Borrador para los Apuntes de la Metodologías para Elaboración de Diagnósticos Energéticos. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. SEMIP

CAPITULO IV

COGENERACION INDUSTRIAL EN MEXICO

En la primera parte de este capítulo, a manera de introducción, se presenta una definición del concepto de cogeneración y un tipo de clasificación a grandes rasgos. Posteriormente, antes de tocar aspectos técnicos, se presenta la perspectiva o escenarios probables de desarrollo de la cogeneración en la industria para nuestro país, considerando aspectos técnicos, económicos y legales que lo harán posible, y los cuales así mismo, se detallarán más adelante.

IV.1 DEFINICION DE SISTEMAS DE COGENERACION

La cogeneración es la tecnología empleada para la producción simultánea de energía eléctrica o mecánica, y energía térmica o vapor, a partir de un proceso de combustión.

El proceso de cogeneración puede hacerse de varias formas, ajustándose a las necesidades de la planta, a las condiciones termodinámicas de operación y a los flujos térmicos existentes.

Los sistemas de cogeneración se clasifican en sistemas superiores o "topping cycles" y en sistemas inferiores o "bottoming cycles".

SISTEMA DE COGENERACION SUPERIOR O "TOPPING CYCLE"

Es el sistema de cogeneración donde la energía primaria se utiliza para generar energía mecánica o eléctrica, y el calor residual de algún fluido se utiliza en el proceso industrial.

Los sistemas superiores son ampliamente utilizados en los procesos de las industrias de pulpa y papel, petróleo, textiles, cerveza, comida, azúcar y otras más. La figura IV.1 muestra un par de esquemas sencillos de cogeneración tipo "topping cycle".

SISTEMA DE COGENERACION INFERIOR O "BOTTOMING CYCLE"

Es el sistema de cogeneración donde la energía primaria se utiliza en el proceso industrial, y la energía calorífica no aprovechada se utiliza para generar energía mecánica o eléctrica.

Los sistemas inferiores son utilizados en procesos generalmente con calor de desecho, tales como las industrias del cemento, acero, vidrio, química y otras. La figura IV.2 muestra un esquema sencillo de cogeneración tipo inferior o "bottoming cycle".

Fig. IV.1 Ejemplo de esquema de cogeneración tipo superior o "topping cycle"

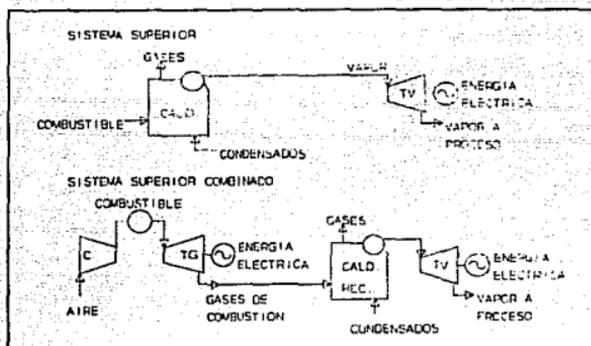
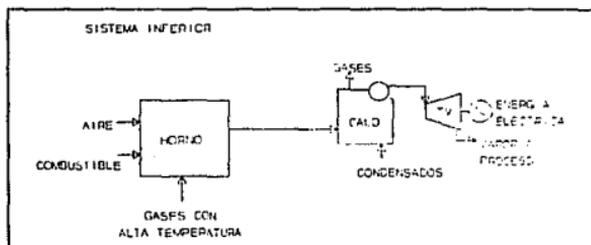


Fig. IV.2 Ejemplo de esquema de cogeneración tipo inferior o "bottoming cycle"



IV.2 POTENCIAL DE COGENERACION Y ESCENARIOS PARA EL DESARROLLO DE LA COGENERACION EN MEXICO

IV.2.1 La situación actual de la cogeneración en México

A la fecha de Noviembre de 1992 existían en México cerca de 300 permisos para autoabastecimiento industrial con cerca de 3,300 MW, de ellos 122 permisos son del tipo *microhidroelectricidad* y la mayoría ya no opera por falta de agua.

En la industria hay 135 instalaciones de autoabastecimiento de las cuales solo cerca de 40 son efectivamente de cogeneración, a turbina de vapor. El resto son unidades de emergencia.

En PEMEX existe una capacidad instalada de 45 plantas a vapor con 1,600 MW y 13 con Turbogas con 440 MW.

En la mayoría de los casos de turbogas, no existe cogeneración, y en la mayoría de las unidades de vapor las eficiencias encontradas son muy bajas inclusive menores que los de una planta convencional.¹

Entre 1990 y 1991, salieron de operación 240 MW en unidades de turbogas y existió un pequeño incremento en unidades a vapor (350 MW).

AÑO	HIDRO	VAPOR	COMBUSTION INTERNA	GAS	TOTAL
1991	76	2,490	52	680	3,297
1990	76	1,855	111	927	2,968
91/90	0.5%	34.2%	-53.1%	-26.7%	11.1%

La tabla anterior indica que no existieron proyectos de cogeneración en ese periodo, aún después de haberse publicado el nuevo reglamento.

Por otra parte, la generación total anual y el factor de disponibilidad de las unidades a vapor existentes es extremadamente bajo (una media de 31 % y en algunos casos plantas sin operar).

Estos malos proyectos e inversiones en los pocos casos de cogeneración, crearon en el pasado, una cultura empresarial adversa a la cogeneración.

Es hasta 1992 debido a la difusión por organismos como la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, CONAE, tanto en las *Primeras Jornadas de Cogeneración - México '92*, como por haber desarrollado estudios de casos, así como por seminarios sectoriales realizados conjuntamente con fabricantes, firmas de ingeniería y desarrolladores-promotores, por lo se ha retomado con verdadero

interés la cogeneración en las industrias. CONAE ha desarrollado para cerca de 40 industrias estudios de pre-factibilidad, con cerca de 1,500 MW, y en la mayoría de los casos estos presentan condiciones atractivas de rentabilidad.

Se ha encontrado además, que en la mayoría de los sistemas de cogeneración existentes, los valores de eficiencias encontradas son en general demasiado bajas, ya que la mayoría de las plantas han sido diseñadas con procedimiento de autoabastecimiento eléctrico parcial, y en muy pocas excepciones, se cuenta con excedentes eléctricos para la red de CFE. En la mayoría de estas 135 plantas industriales y en PEMEX se requiere de proyectos nuevos de cogeneración o una reconversión de los existentes (repowering).

La CONAE ha desarrollado un modelo matemático de pronóstico, con el auxilio de EPRI (USA). El modelo permitió extrapolar los casos de estudio de cogeneración a un panorama de 800 industrias principales que disponen de suministro de gas natural. El resultado del modelo ha permitido obtener un cálculo confiable, representativo y actualizado del potencial de cogeneración en México. El modelo se ajusta continuamente por factores externos e internos por lo que presenta cifras que deben tomarse como de referencia y pueden tener en una estimación de orden de magnitud, sin embargo son datos confiables.

Para la estimación inicial (marzo de 1992), se consideran las 440 principales industrias de sectores industriales con posibilidades de cogeneración.

SECTOR	NUMERO	MW
Química Petroquímica	97	920
Siderurgia	23	750
Minera Metalurgia	34	700
Celulosa y Papel	35	420
Ingenios	39	340
Alimentario	94	230
Automotriz	23	220
Manufacturera	56	180
Vidrio y Cerámica	14	130
Fertilizantes	9	100
Hulera y textil	16	110

En la revisión hecha en septiembre de 1992, se han adicionado el potencial de cogeneración en otras 500 empresas importantes y el de las instalaciones de PEMEX, tanto en refinerías, como en desarrollos petroquímicos.

La última revisión estima que PEMEX puede tener un potencial máximo de otros 1,200 a 1,800 MW a los actuales.

Además de lo anterior, existe potencial importante en los 20,000 establecimientos industriales y en el sector hotelero, que operan la tarifa de media tensión. De ellos se estima un potencial adicional de cerca de 1,000 MW.

Por lo anterior el potencial máximo de cogeneración en México se estima del orden de 4,000 a 8,000 MW, a ser desarrollados entre 10 y 15 años, dependiendo de las facilidades e incentivos que se otorgen, y la motivación de los empresarios para hacerlo.

IV.2.2 Escenarios para el desarrollo de la Cogeneración en México

CONAE ha desarrollado un análisis de cogeneración para los dos tipos principales de sistemas: Turbina de Vapor y Turbina de Gas y/o Ciclo Combinado. Aunque se desearía que los nuevos desarrollos se hicieran con tecnología de gas, en algunas regiones del país no se contará en el corto plazo con el suministro adecuado de gas natural. El desarrollo de estos proyectos se espera tenga resultados importantes en 3 a 4 años, con instalaciones del orden de 2,000 a 3,000 MW.

Como complemento del estudio de las perspectivas de la cogeneración en el país, la CONAE ha determinado los posibles escenarios bajo, más probable y máximo de la ocurrencia a largo plazo. Estos escenarios de desarrollo para cada sector industrial, consideran factores de segregación y de ponderación tales como:

- disponibilidad del gas natural,
- características de los procesos por sector,
- relaciones de energía térmica a energía eléctrica,
- dinámica del sector,
- tamaño medio de las unidades de generación,
- tamaño de la inversión,
- tiempo requerido para estudio, fabricación e instalación.

El ahorro en el escenario máximo 8,000 MW equivale a la cantidad de combustóleo que se emplea en la generación eléctrica de plantas de vapor convencionales.

El resumen de este análisis se presenta a continuación.

	TG-CC	T.VAPOR	TOTAL
ESCENARIO BAJO:			
MW instalados a 2007	800	1,150	2,000
TWH generación	6.0	8.0	14.0
Ahorro combustible (barril/día combustóleo eq.)	26,000	28,000	54,000
ESCENARIO MAS PROBABLE:			
MW instalados a 2007	2,500	1,400	4,000
TWH generación	18.0	10.0	28.0
Ahorro combustible (barril/día combustóleo eq.)	79,000	34,000	113,000
ESCENARIO MAXIMO:			
MW instalados a 2007	3,500	4,500	8,000
TWH generación	35.0	20.0	56.0
Ahorro combustible (barril/día combustóleo eq.)	130,000	100,000	230,000

IV.3 POLITICAS Y MARCO LEGAL PARA AUTOABASTECIMIENTO Y COGENERACION

Por mandato constitucional, corresponde exclusivamente a la Nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público.

La Legislación relativa al Servicio Eléctrico data de 1970 con reformas en 1983 y 1986.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE), entre otros objetivos, tiene el de importar y exportar, en forma exclusiva, energía eléctrica. (Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) Art. 9).

A partir de 1986 se permite el autoabastecimiento y la cogeneración:

... No se considera servicio público el autoabastecimiento de energía eléctrica para satisfacer intereses particulares, individualmente considerados. (LSPEE Art. 3).

En 1990 se publica el Reglamento de la Ley de servicio público para autoabastecedores. El autoabastecimiento requiere de permiso previo, el que es otorgado por la Secretaría de Minas e Industria Paraestatal (SEMIP):

SEMIP otorga permisos para autoabastecimiento de energía eléctrica para satisfacción de necesidades propias de personas físicas o morales. (LSPEE Art. 36).

Estos permisos los otorga SEMIP en los siguientes casos:

- Que se trate de plantas generadoras para uso exclusivo de emergencias derivadas de interrupciones en el servicio público.
- Que se incremente la eficiencia de transformación de energéticos primarios, con base en la producción simultánea de otros energéticos secundarios, o en la utilización de fuentes de calor provenientes de procesos industriales.
- Que el procesos utilizado en la generación de electricidad produzca otro u otros energéticos secundarios requeridos para la satisfacción de las necesidades del solicitante como vapor, o bien que utilice energéticos obtenidos durante algún proceso industrial, como gas de alto horno. (LSPEE Art. 36, RLSPEE Arts. 4, 5 y 6).
- Que el solicitante del permiso convenga en que la CFE puede utilizar la electricidad que resulte en exceso de la que necesite (LSPEE Art.6).

En todos los demás casos se requerirá que la CFE indique su imposibilidad o conveniencia del suministro.

El reglamento de 1990 contempla por primera vez la compra por CFE de excedentes eléctricos de los autoabastecedores:

Se podrán hacer solicitudes de autoabastecimiento aun cuando la capacidad de generación exceda los consumos del usuario. (RLSPEE Art. 10).

En los convenios entre la CFE y los autoabastecedores, deberá pactarse el precio de la electricidad, así como la forma de cubrirlos y los mecanismos de entrega de los excedentes. (LSPEE Art. 36, RLSPEE Art. 11).

El reglamento permite asociaciones para autoabastecimiento:

Las personas físicas o morales podrán constituir al efecto una sociedad que tenga por objeto exclusivo generar energía eléctrica para autoabastecimiento de los socios. (RLSPEE Art.8).

Podrán solicitar permisos de autoabastecimiento personas físicas o morales que sean copropietarias de la planta generadora, en cuyo caso podrán nombrar a un representante común (RLSPEE Art. 7).

El 23 de Diciembre de 1992 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el decreto que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica. Entre los aspectos más relevantes de este decreto está el establecimiento de cuatro formas para la generación de energía eléctrica, que no son consideradas d servicio público: Autoabastecimiento, Cogeneración, Pequeña Producción y Producción Independiente.

El Reglamento de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica está en procesos de revisión por SEMIP, CONAE y CFE, y se espera que al segundo semestre de 1993 aproximadamente, se publiquen las modificaciones en el Diario Oficial de la Federación, incluyendo, aclaraciones al actual, procedimientos y fórmulas para compra de excedentes eléctricos, costos de respaldo y asistencia, procedimientos para calificación de sistemas de cogeneración, definiciones y tipos de potencia y energía que comprará CFE

IV.4 ESTUDIOS DE VIABILIDAD Y FACTIBILIDAD DE SISTEMAS DE COGENERACION

Los estudios de viabilidad de implementar un sistema de cogeneración están incluidos dentro de los resultados de los diagnósticos energéticos como parte de las medidas de uso racional de la energía a las que se finalmente se llega. Sin embargo, este tipo de proyecto forman de las medidas de mayor inversión. Como se aborda en las secciones anteriores, la profundidad y grado de aplicación de ingeniería en los estudios técnico-económicos depende del alcance del diagnóstico de implementación.

Adicional a los diagnósticos energéticos de primer y segundo nivel, como su consecuencia, o como complemento de un diagnóstico de detalle como lo es el de tercer nivel, o simplemente cuando la situación energética de una empresa ya es operada en forma racional y correcta, entonces puede desarrollarse un estudio de factibilidad para implementar un sistema de cogeneración previo al desarrollo del proyecto.

* Dentro del diagnóstico de primer nivel.

El diagnóstico de primer nivel por su grado de análisis y alcances, solamente se limitaría a mencionar si hubiese la posibilidad de la implementación de un sistema como éste, con base en las condiciones de demanda y corrientes de los flujos de energía térmica y eléctrica de la planta, obtenida por el balance energético. Se mencionarían las alternativas más viables de implementación, sin poder determinar aún qué esquema de ellos podría ser el óptimo.

* Dentro del diagnóstico de segundo nivel.

En éste tipo de diagnóstico el estudio técnico-económico se obtendrían alternativas del sistema de cogeneración más probables

para la satisfacción de las condiciones de demanda térmica y eléctrica promedio.

Se realiza un análisis técnico para determinar el esquema que presente el mayor grado de eficiencia térmica. Se estiman los costos necesarios del proyecto con una aproximación del +/- 20%. Se realiza así mismo una evaluación económica completa con flujo de caja, considerando los beneficios y costos del proyecto.

Es importante mencionar que en el reporte que forma parte del resultado de este estudio de viabilidad, se toman en cuenta las demandas y corrientes energéticas al momento del diagnóstico, y de las variaciones de las mismas con las modificaciones de mayor peso para la conservación de la energía. Así, si se espera que por la aplicación inicial de las medidas de menor inversión primero (que es lo normal), se modifique las demandas y la relación Calor/Energía, el esquema de cogeneración lo consideraría.

*** Dentro del diagnóstico de tercer nivel.**

Debido a que en este tipo de diagnóstico se obtienen datos más detallados de las demandas y corrientes energéticas instantáneas, sobre todo térmicas, se puede hacer un análisis más detallado de las necesidades de satisfacción, (promedio, máximas, mínimas, y su proporción en el tiempo), así como de su tendencia en los períodos del año y por la evolución de la planta. Puede desarrollarse un estudio completo de factibilidad de implementación de un sistema de cogeneración, el cual puede incluir lo siguiente:

- Análisis de esquemas de cogeneración de varias alternativas:
 - La de menor inversión
 - La de satisfacción completa de la demanda térmica
 - La de satisfacción completa de la demanda eléctrica
 - La de mayor rentabilidad aunque no sea de las anteriores
- Bajo la aplicación de alguno de los criterios anteriores, se evalúa técnicamente el comportamiento de los esquemas bajo las distintas condiciones de demanda y se observa su flexibilidad.
- Se selecciona las alternativas de equipos posibles, así mismo se determinan todos los costos y beneficios del proyecto con una aproximación máxima de +/- 5%.
- Se realiza una evaluación económica completa con un análisis de sensibilidad, considerando el valor del dinero en el tiempo, tasas tope y criterios limitantes, depreciación fiscal, impuestos, inflación y deslizamiento de la moneda, interés por financiamiento, así como variación en el tiempo de los parámetros económicos más sensibles.
- El informe de resultados de este estudio incluye un programa del proyecto que contempla todas las etapas, desde la

realización de la ingeniería básica y de detalle hasta la puesta en marcha.

Debe mencionarse que los resultados obtenidos en este estudio encuadran en un marco congruente con el resto de los estudios y medidas que se obtienen de resultado del resto del diagnóstico energético de tercer nivel en especial, y de la administración energética puesta en marcha en general. Es decir, se considera en ese estudio que su resultado está influido por la acción del resto de las medidas de conservación energética.

*** Estudios de factibilidad independientes.**

Este estudio es realizado cuando no se realiza un diagnóstico energético del que se apoya para proporcionarle los datos de operación y demandas de energía. En este estudio se realiza una encuesta para la obtención de todos los datos requeridos. Se realizan mediciones para la comprobación de los datos y un levantamiento general de información para la verificación de las demandas reales y corrientes energéticas de la planta y sus expectativas de variación con el tiempo. Se pretende con ello también una verificación del grado del uso racional de la energía en la planta, con vistas en contemplar sus condiciones en el análisis del estudio de factibilidad.

Los alcances que consigue este estudio son los mismos que los listados como si fuera un estudio parte de un diagnóstico de tercer nivel, como han sido listados en el punto anterior.

PROYECTOS DE IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE COGENERACION

Con base en los resultados obtenidos del estudio de factibilidad donde se encuentre la mejor solución bajo aspectos técnicos y económicos, se puede proceder a realizar el proyecto completo de implementación del sistema seleccionado.

Las etapas de la implementación del proyecto a desarrollar son:

- Ingeniería básica y de detalle, lo cual incluye el diseño de la alternativa seleccionada.
- El desarrollo de la especificación para todo el equipo.
- La expedición de equipos, la construcción, montaje y puesta en marcha.

IV.5 ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE UNA ENCUESTA PARA EL ANALISIS DE SISTEMAS DE COGENERACION

Indudablemente, dada la variedad de los procesos industriales y esquemas de cogeneración asociadas al proceso industrial, el análisis de cada proyecto tendrá características propias. Sin

embargo, será necesario establecer parámetros que permitan un rápido ordenamiento de los distintos proyectos conforme a sus méritos económicos a fin de identificar aquellos cuyo potencial y atractivo económico justifique el análisis detallado de todos estos aspectos.

Se propone una serie de parámetros a considerar para la elaboración de una encuesta con el fin de obtener la información suficiente para la realización de un estudio de cogeneración a una industria.²

Frente a otros factores que de forma extensa limitan la expansión a nivel nacional de este tipo de sistemas de cogeneración, la relación entre las demandas de calor y electricidad es un factor interno que de forma importante condiciona el interés de una instalación de cogeneración.

Cuanto más largo sean los períodos de tiempo en los que la relación calor/electricidad se separen de la óptima para el sistema de cogeneración seleccionado, el ahorro de energía primaria por la implantación de un sistema de este tipo será menor y también su interés. El ahorro de energía es máximo cuando la relación entre el calor y la electricidad que demanda el usuario del sistema de energía total corresponden a los propios del sistema (figuras IV.3 y IV.4). Cuando se produce un desequilibrio en la demanda de uno de los tipos de energía, el sistema seguirá manteniéndose en su punto óptimo siempre y cuando se disponga de un receptor que pueda consumir el sobrante. Este receptor bien puede ser: otro proceso interno, otra planta industrial o a la misma red eléctrica. Lo anterior permite relaciones calor/electricidad óptimas para el sistema de cogeneración que se va adquirir.

Para la realización de un estudio para definir el esquema de cogeneración óptimo, es de gran utilidad la aplicación de una encuesta, ya que en la misma se obtendrán datos para determinar los costos actuales de operación de energía térmica y eléctrica; las condiciones reales de trabajo (altitud, temperaturas promedio anuales, etc); la localización y disponibilidad de espacio para la instalación de un nuevo sistema; los consumos promedio de energía eléctrica y térmica usados por la planta industrial; la disponibilidad de diferentes tipos de combustibles; limitaciones ambientales y cualquier otro elemento que aporte información a la decisión del uso de sistemas de cogeneración.

De esta manera es muy importante que el diseño de la encuesta sea conciso, de fácil aplicación, buscando sólo la información necesaria para el estudio. La encuesta debe ser lo suficientemente flexible para acomodar diversos intereses de los usuarios.

Figura IV.3 Ahorro de energía primaria en función de la relación Calor/Electricidad

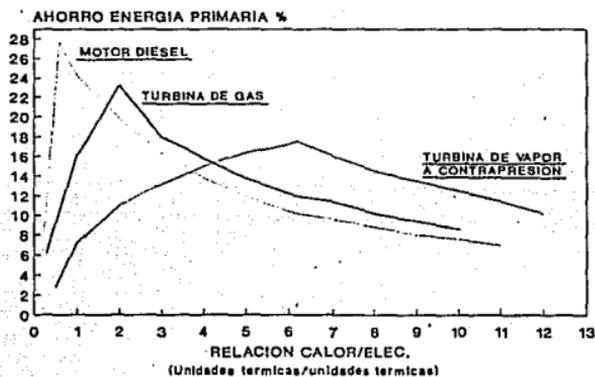
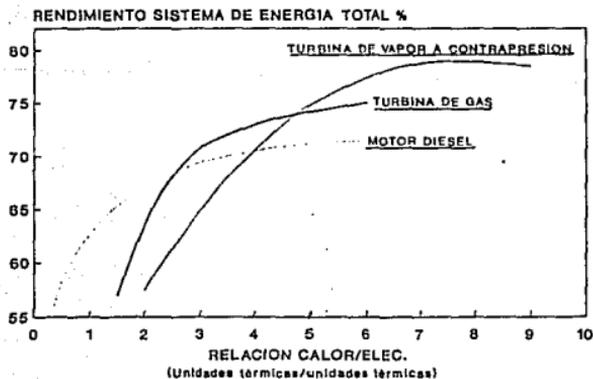


Fig. IV.4 Rendimiento de sistemas de cogeneración en función de la relación Calor/Electricidad



La aplicación de la encuesta debe cumplir con los siguientes objetivos:

- Recolectar datos energéticos (técnicos y económicos) de la empresa.
- Describir el estado de los equipos y operación de los mismos.
- Establecer la actitud de la industria hacia el estudio realizado.

Para cumplir con estos objetivos la encuesta debe de cubrir los siguientes aspectos:

- Identificación general de la instalación industrial.
- Datos energéticos básicos.
- Descripción general de la instalación industrial.
- Datos adicionales (técnicos y económicos).
- Planes y perspectivas de la instalación industrial.

IV.5.1 Contenido de la encuesta

A continuación se presentan los seis aspectos que hay que tomar en cuenta para evaluar las oportunidades de aprovechar en forma más óptima el consumo de combustible así como de disminuir o evitar el consumo de energía eléctrica externa, utilizando un sistema de cogeneración apropiado al proceso industrial en estudio.

A) IDENTIFICACION DE LA INSTALACION INDUSTRIAL.

En esta fase se debe de determinar las partes principales de la industria y sus funciones. Para esto se debe de registrar:

1. Nombre del director general de la instalación y nombre del grupo industrial al que pertenece.
2. Nombre y localización de la instalación. (Registrando las industrias cercanas a la instalación en estudio).
3. Giro y/o actividad.
4. Dirección y teléfonos para comunicaciones posteriores. (Registrando datos tanto de la planta como de oficinas en México).
5. Nombre y cargo de las personas responsables de dar la información para el llenado de la encuesta.
6. Registro del tiempo de operación de la instalación:
 - * Modalidad de operación (turnos).
 - * Horas al año en que se trabaja.
 - * Periodos de vacaciones y mantenimiento de la instalación.
7. Condiciones ambientales de la instalación:
 - * Presión atmosférica.
 - * Temperaturas máximas y mínimas.

8. Índice energético de la planta:

Para definir el índice de consumo energético de la instalación y compararlo con otras empresas similares nacionales o internacionales, es necesario conocer la producción total anual. De esta manera se dividirá el consumo total de energía por unidad de producción.

B) DATOS ENERGETICOS BASICOS.

El objetivo de esta sección es la de determinar cuáles son los sistemas principales de consumo de energía (procesos de calentamiento, plantas procesadoras y operadoras, generación eléctrica, aire acondicionado, refrigeración, etc.), efectuar una investigación de los equipos, especificar los datos operacionales de los principales equipos, obtención de los consumos energéticos, considerando los siguientes rubros: energía eléctrica (comprada o autogenerada), combustibles, y vapor e identificar posibilidades de implementar o incrementar sistemas de cogeneración.

En la encuesta se deberá concentrar toda esta información dentro de un periodo de tiempo no mayor a un año y no menor a un mes. Los principales datos a obtener son:

1. CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA:

Se especifica el total del consumo de energía eléctrica (ya sea comprada o autogenerada) que requiere la instalación industrial:

- * Demanda máxima promedio, KW.
- * Consumo anual, MWh

Con el fin de establecer las variaciones de las cargas, es necesario contar con los consumos diarios de la energía eléctrica o en el caso de no tener dicha información, especificar los consumos máximos y mínimos dentro de un mes, tipo de producción de la planta. En el caso de existir grandes variaciones es importante indicar la causa.

1.1. Energía Eléctrica comprada:

Con el apoyo de los últimos 12 facturas de compra de energía eléctrica se obtendrá la siguiente información tanto en horario base como en horario punta:

- * Periodo de facturación.
- * Demanda México, KW.
- * Consumo, KWh.
- * Factor de Potencia.
- * Costo de la energía. (Cargo por consumo y por demanda).

1.2. Energía Eléctrica Autogenerada:

En el caso de que la planta industrial cuente con un sistema de autogeneración o cogeneración, se debe de recolectar la información antes mencionada (inciso 1.1. anterior) tanto en horario base como

en punta, y estableciendo un costo promedio de dicha generación así como el tiempo de operación del equipo. Es importante especificar el sistema empleado para dicha generación:

- * Turbina de vapor:
 - A contrapresión
 - A condensación
 - A contrapresión con extracción.
 - A condensación con extracción.
- * Turbina de gas.
- * Motor alternativo.

En el caso de utilizar un sistema diferente o la combinación de alguno de ellos se especifica en la encuesta.

Para el caso del generador, se debe de anotar las capacidades según los datos nominales o de placa, las de operación actual y las condiciones físicas en que encuentra. La principal información a obtener es:

- * Marca y año de fabricación y/o operación.
- * Capacidad nominal y en el caso de operación establecer un promedio de generación en KW.
- * Horas de operación anual.
- * Energía generada, en KWh.

2. CONSUMO DE ENERGIA TERMICA.

El consumo de energía térmica se reporta de una manera similar a la de la electricidad, aunque en este caso se debe de considerar los combustibles empleados en el proceso, producción de vapor, y equipos o procesos que utilizan dicho fluido.

2.1 Combustibles.

Se debe de especificar los diferentes combustibles comprados, así como los obtenidos, como un subproducto de los procesos en la instalación industrial:

- * Combustóleo.
- * Gas natural.
- * Carbón.
- * Diesel.
- * Bagazo.
- * Licor negro.
- * Madera, etc.

La información adicional requerida es:

- * Consumo mensual.
- * Costo.
- * Poder calorífico (en caso que se tenga este dato).

2.2. Producción de Vapor.

Se especifica el total de producción de vapor que requiere la instalación industrial:

- * Producción anual en toneladas.

Con el fin de establecer las variaciones de las cargas, es necesario contar con los consumos diarios de vapor o en el caso de no tener dicha información, especificar los consumos máximos y mínimos dentro de un mes típico de producción de la planta. En el caso de existir grandes variaciones es importante indicar la causa.

2.2.1. Generadores de vapor.

Para el caso del generador de vapor se debe anotar la siguiente información como mínimo (considerando los datos de placa, así como las de operación actual):

- * Tipo de caldera (acuotubular, piro-tubular o caldera de recuperación).
- * Marca y año de fabricación y/o operación.
- * Combustible empleado y consumo.
- * Presión manométrica a que se genera el vapor, se anota las unidades que normalmente utiliza la planta industrial.
- * Temperatura a que se genera el vapor.
- * Capacidad de generación de vapor, en toneladas por hora.
- * Producción de vapor. En este caso se especifican los valores máximos y mínimos obtenidos en un año o en su defecto la producción media, expresado en toneladas por hora.
- * Temperatura de agua de alimentación al generador de vapor.
- * Flujo de agua de alimentación al generador de vapor.
- * Porcentaje del retorno de condensado al generador de vapor.
- * Horas de operación.
- * Valor de la eficiencia del generador de vapor considerada en la instalación industrial.

2.2.2. Equipos que consumen vapor.

Los principales consumidores de vapor son: los equipos motrices (turbocompresor, turbinas para transmisión), turbinas de vapor y el proceso en sí de la instalación industrial. (Como fluido térmico).

En lo que se refiere a equipos consumidores de vapor se requiere anotar la siguiente información.

i) Equipos motrices:

- * Tipo de equipo (turbocompresor, turbina para transmisión etc).
- * Potencia media de operación, en KW.
- * Consumo de vapor, en T/h.
- * Presión manométrica que requiere el equipo.
- * Horas de operación (mensuales o anuales).

ii) Turbina de vapor:

Se debe de especificar los datos nominales o de placa, así como las condiciones de operación actual.

- * Tipo de equipo (con extracción, a contrapresión o a condensación o sus combinaciones).

- * Marca y año de fabricación y/o operación.
- * Presiones y temperatura de entrada y salida ya sea por una extracción, a contrapresión o a condensación.
- * Consumo de vapor a la entrada del equipo y a la salida ya sea por una extracción, a contrapresión o a condensación. Para este parámetro es importante especificar los valores máximos y mínimos que se utilizan durante el año o en su defecto un promedio.

iii) turbina de gas:

Aunque la turbina de gas no es un consumidor de vapor, sí es importante anotar sus características de funcionamiento, ya que su aportación para el proceso es tanto energía eléctrica como térmica. Los datos nominales o de placa como de operación real son:

- * Marca y año de fabricación y/o operación.
- * Presiones y temperatura de entrada y salida del aire.
- * Consumo de combustible.

iv) Fluido Térmico.

En esta parte de la encuesta se anota las condiciones de vapor, agua, aire o cualquier otro termofluido que se utiliza en el proceso de una planta industrial. Esta información es valiosa ya que define el valor útil que requiere el proceso, y de esta manera es uno de los elementos importantes para definir un sistema de cogeneración. Los datos mínimos a obtener son:

- * Tipo de fluido.
- * Consumo y tipo de combustible, que se utiliza para dar las condiciones del fluido para el proceso.
- * Producción anual de dicho fluido.
- * Condiciones de presión y temperatura del fluido.
- * En qué parte del proceso se utiliza dicho fluido.

v) Aire acondicionado y refrigeración.

Una de las aplicaciones de los sistemas de cogeneración es el aprovechamiento de la energía térmica para calefacción o para refrigeración a través de los sistemas de absorción. Por tal motivo es importante anotar si la instalación industrial requiere de estos servicios y especificar la siguiente información.

- * Tipo de unidad.
- * Capacidad de dichos equipos.
- * Consumo de energía eléctrica o térmica según el tipo de unidad.
- * Temperatura promedio que se requiere.
- * Porcentaje de utilización de acuerdo a las estaciones del año, anotando principalmente en verano e invierno.

C) DESCRIPCION GENERAL DE LA INSTALACION.

Con el fin de verificar la información operacional obtenida en la encuesta es importante llevar a cabo un balance de materia y energía, por lo que a través de la descripción general de la instalación industrial se confirmará la confiabilidad de los datos obtenidos. Para esto se requiere realizar una descripción breve de:

1. Proceso.
2. Red de vapor.
3. Red eléctrica.

En dicha descripción se debe de anotar consumos de combustibles, de vapor (considerando vapor de alta, media y baja presión y condensados), consumo de energía eléctrica, y todos aquellos valores que nos puedan servir para establecer el estado actual de la planta industrial. En el caso de no tener el valor de un parámetro necesario, es posible utilizar valores empíricos, es decir, de acuerdo a la experiencia de la planta industrial o valores obtenidos del manual de diseño del equipo o sistema correspondiente.

D) DATOS ADICIONALES DE LA INSTALACION INDUSTRIAL.

Uno de los factores que determinan la factibilidad de instalar un sistema de cogeneración es la confiabilidad y costos del servicio eléctrico. Por tal motivo es importante anotar el número de cortes del suministro eléctrico tanto de la red eléctrica como de la misma autogeneración, duración máxima y promedio de dichos cortes y los costos que le representan a la industria por estos cortes.

Para el caso de las industrias que ya están autogenerando es necesario recopilar la información en cuanto a los costos del combustible, mantenimiento y operación de la planta de energía.

Finalmente, en el caso de que se tuvieran posibilidades de instalar o incrementar un sistema de cogeneración es necesario anotar el espacio disponible de la planta tanto externa como interna.

E) PLANES Y PERSPECTIVAS DE LA INSTALACION INDUSTRIAL.

Uno de los parámetros importantes para la instalación de sistemas de cogeneración es la actitud de la gente, ya que a través de la experiencia de operación de la planta industrial puede ser que exista una negativa hacia estos sistemas o viceversa, es decir, que han tenido buenos resultados y tienen el interés de incrementar sus sistemas. Por tal motivo es de gran ayuda conocer cuales son las perspectivas y planes a futuro (para los próximos 10 años) de la planta industrial en estudio, tanto del punto de vista proceso productivo como el de instalar y/o incrementar su instalación de autogeneración.

Por otro lado, también se requiere conocer si los responsables de la instalación industrial están interesados en tener excedentes eléctricos y venderlos a la red o venderlo a algún vecino industrial.

También es importante detectar el interés en realizar inversiones para este tipo de sistemas y el tipo de financiamiento que utiliza normalmente.

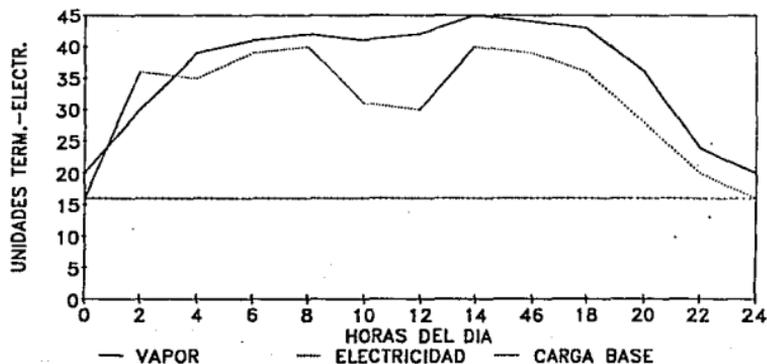
Otro aspecto a considerar en la encuesta es la posibilidad de utilizar gas natural (en el caso de que actualmente se esté consumiendo combustóleo). La posibilidad está en función de que un gasoducto pase cerca de la planta. Este factor es importante para la definición de un sistema de cogeneración para dicha planta.

IV.6 SELECCION DE UN SISTEMA DE COGENERACION

En los sistemas de cogeneración generalmente se combinan los procesos térmicos de generación de electricidad con otros procesos de producción de energía térmica mediante el aprovechamiento de calor de desecho de unos como entrada de energía de otros.

En la figura IV.5 se muestran las curvas de demanda de energía eléctrica y térmica de una industria, que al utilizar un sistema de cogeneración permite abastecerse de una carga base, lo que le beneficia en una reducción de la factura energética y con una cierta autonomía y seguridad de los procesos frente a fallas eléctricas de la red. Además se observa en esta figura que el sistema de cogeneración no suministra toda la energía requerida por la planta industrial. Para cubrir los picos de la demanda, se puede pensar en algunos otros sistemas de cogeneración más pequeños o bien autoabastecerse como lo hace usualmente. Este es solamente un caso de solución de selección de sistema de cogeneración. El encontrar el esquema óptimo implica llevar a cabo un estudio de factibilidad basados en los siguientes criterios:

Fig. IV.5 CURVAS TÍPICAS DE CARGA
CARGA BASE ABASTECIDA CON COGENERACION



IV.6.1 Criterios de selección de un sistema de cogeneración

Con base en toda la información recopilada en la encuesta, se puede trazar un perfil energético de la planta, y por tanto, poder ir pensando en las alternativas más viables de esquema de cogeneración que la planta podrá necesitar. Las condiciones generales que se tomarán en cuenta para tomarlas en cuenta en nuestros criterios de selección son los siguientes:³

A) NECESIDADES DE VAPOR

Las condiciones que se deben de considerar en cuanto a necesidades de vapor son las siguientes:

- Curva de consumo de vapor a lo largo del tiempo, con discriminación diaria, semanal y estacional.
- Niveles de presión necesarios en utilización.
- Grado de saturación deseado en las calderas.
- Posibilidad de variación de las necesidades de vapor en el futuro.

B) NECESIDADES DE ENERGIA ELECTRICA

Las condiciones a tomar en cuenta son las siguientes:

- Potencia eléctrica consumida por la industria, con discriminación horaria y estacionaria.
- Potencia mínima requerida por la planta.
- Previsiones de variación en el futuro.

C) PRECIOS Y CONDICIONES ECONOMICAS

- Del combustible.
- De la energía eléctrica.
- Obra civil necesaria.
- Calendario de pagos de la inversión.
- Costos de mantenimiento.
- Costos de servicios auxiliares.
- Costos de personal.

D) OTROS FACTORES

- Consumos específicos de las turbinas y motores a distintas cargas.
- Posibilidades de recuperar el calor de los gases de escape.
- Consumo de auxiliares, tanto eléctricos como térmicos.
- Cantidad de vapor de alta que será necesario enviar a proceso, o de vapor de baja que será necesario condensar.
- Recuperación de condensados. Este factor es determinante dado que los costos de la planta de tratamiento de agua para abastecer la caldera pueden alcanzar niveles tan altos que no harían rentable un sistema de cogeneración.
- Otras posibilidades de utilización de los gases de escape, aparte de recuperar su calor en una caldera (secaderos, invernaderos).

E) INFORMACION ADICIONAL

- Estudio de viabilidad.
- Seguro frente a averías importantes.
- Contrato con el suministro de gas.
- Contrato con la empresa eléctrica.
- Contrato de asistencia eléctrica.
- Disponibilidad de repuestos.

IV.6.2 Alternativas posibles

Las alternativas posibles de obtención de calor y electricidad para una industria son las siguientes:

- * Cogenerar con turbina de vapor: T.V., a contrapresión, con o sin condensación parcial.
- * Cogenerar con turbina de gas (T.G.) y producir vapor en una caldera de recuperación (C.R.), con o sin postcombustión.
- * Cogenerar con motor de gas y producir vapor a baja presión (hasta 2bar a.) recuperando el calor de los gases, del agua de refrigeración, y del aceite.
- * Cogenerar en ciclo combinado: turbina de gas, caldera de recuperación con o sin postcombustión, y turbina de vapor a contrapresión.

ALTERNATIVAS DE ELEMENTOS QUE PUEDEN INTEGRAR SISTEMAS DE COGENERACION⁴

TURBINA DE VAPOR (T.V.):

Es un elemento flexible, en el sentido que puede adaptarse a los consumos eléctricos de una planta sin disminuir su rendimiento en forma apreciable; se dispone en el mercado a partir de 250 kW, (las hay más pequeñas pero ya no son aplicables a la cogeneración). Una T.V. exige producir vapor a alta presión (> 30 bar), y sobrecalentado. Los rangos de presiones y temperaturas habituales son los siguientes:

- Hasta 5 MW: de 30 a 42 bar, y de 350 a 430 °C.
- De 5 a 70 MW: 60 a 80 bar, y de 430 a 510 °C.
- Mayores de 70 MW: 80 a 140 bars y de 510 a 565 °C.

Cuando una planta ya disponga de antemano de una caldera de alta presión, será necesario considerar una serie de condicionamientos para funcionar en cogeneración como los siguientes:

- Posibilidad de instalar en la caldera un sobrecalentador.

- Validez de las normas de agua de alimentación para trabajar en alta presión.
- Validez de los equipos de combustión y ventiladores, teniendo en cuenta los nuevos consumos de combustible en cogeneración.

Cuando la planta no disponga de caldera de alta presión, será preciso instalarla, por lo que se debe considerar en el presupuesto. La definición previa de la instalación se hará dando los pasos siguientes:

- Calcular las necesidades de vapor para producir la potencia eléctrica requerida.
- Si el flujo de vapor es superior a las necesidades de la fábrica, habrá de estudiar la conveniencia de condensar este exceso, o bien producir el vapor a mayor presión y temperatura, con lo que el flujo de vapor a la turbina disminuiría, pudiendo así igualarse a las necesidades de la fábrica.

TURBINAS DE GAS (T.G.):

La T.G. tiene interés cuando se cumplen las siguientes condiciones:

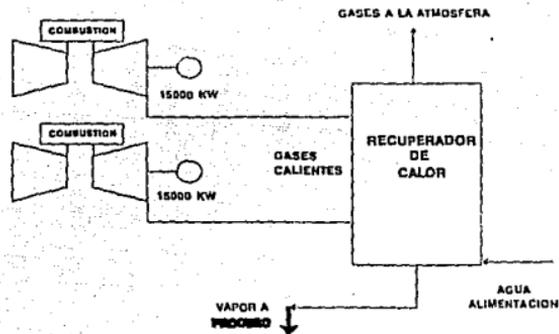
- Las necesidades de vapor son relativamente bajas con respecto a las de la electricidad (relación calor/electricidad = 3).
- La potencia eléctrica necesaria es superior a 2-3 MW.
- Las horas de utilización están por encima de 5000 al año.
- El consumo eléctrico es relativamente uniforme.

Una T.G. es un elemento poco flexible, tanto a la hora de elegir el tamaño adecuado, como en su funcionamiento a cargas parciales, ello se debe a que no se puede pedir un equipo a la medida para un usuario, sino que debe ajustarse a unos tamaños prefijados, por lo tanto, la potencia de la T.G. debe ajustarse a las necesidades de la fábrica y funcionar a plena carga el mayor número de horas con el fin de mantener altos rendimientos del equipo.

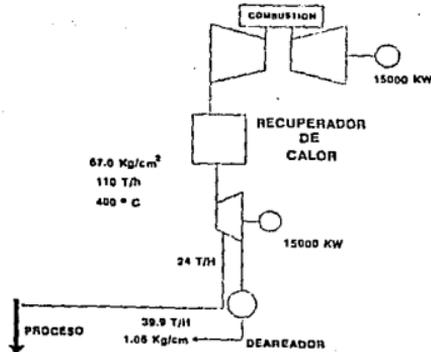
En la turbina de gas no toda la potencia es convertida a potencia, gran parte de esta es descargada en los gases de descarga de la turbina, los cuales pueden alcanzar temperaturas de 550 a 600°C. Esta descarga es relativamente limpia y puede ser usada por medio de una caldera de recuperación para generar vapor de alta presión, vapor de baja presión o agua caliente y emplearlos en procesos industriales. Y dado que la combustión de las turbinas de gas se realiza con gran excesos de aire, los gases de descarga tienen gran contenido de oxígeno, aproximadamente de 16 a 18%, esta descarga puede mantener una combustión, llamada postcombustión, que se puede realizar en la caldera de recuperación o en un ducto con quemadores.

Fig. IV.6

SISTEMA DE COGENERACION CON TURBINA DE GAS Y GENERACION DE VAPOR



SISTEMA DE COGENERACION CON TURBINA DE GAS Y TURBINA DE VAPOR



Usando una combinación de turbina de gas con caldera de recuperación con o sin postcombustión se puede lograr satisfacer un amplio rango de requerimientos térmicos y eléctricos, ya que si los requerimientos térmicos del proceso industrial son mínimos la descarga de la turbina de gas puede ser usada para generar vapor a alta presión y temperatura en la caldera de recuperación con o sin postcombustión según las necesidades, y alimentar este vapor a una turbina de vapor que suministre electricidad adicional, (Fig. IV.5).

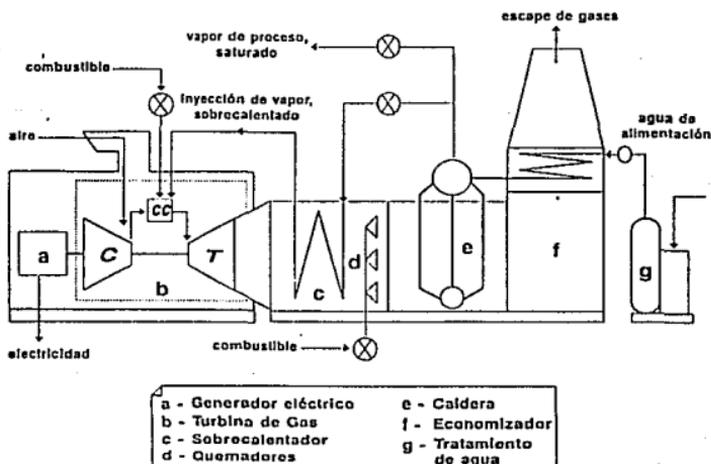
Cuando se opera este sistema para la generación de electricidad únicamente, sin salida térmica, se le denomina ciclo combinado y no es considerado como sistema de cogeneración, aunque rigurosamente lo es, (Fig. IV.6).

Otro método de incrementar la eficiencia de la turbina es mediante la inyección de vapor a alta presión a la salida del compresor.

Este ciclo es conocido como Ciclo Cheng, y presenta una mejora sustancial en la eficiencia termoeléctrica de un 21 a un 32%, una reducción importante de NO_x y una amplia capacidad de absorción de las fluctuaciones de las cargas térmicas y eléctricas sin desperdicio de energía.

Fig. IV.7

SISTEMA DE COGENERACION - CICLO CHENG



El Ciclo Cheng opera de la siguiente forma, la turbina produce electricidad al transformar la energía química del combustible, el calor de los gases de escape se utiliza para sobrecalentar el vapor saturado proveniente del recuperador de calor que produce el vapor, y se inyecta a la cámara de combustión de la turbina para incrementar la masa. Este incremento de masa produce una mayor potencia de salida eléctrica. El agua, una vez tratada, pasa por un economizador colocado a la salida del recuperador de calor para su precalentamiento, y se alimenta al recuperador para obtener vapor saturado. Hay dos válvulas a la salida del recuperador de calor que controlan la cantidad de calor que se inyecta a la turbina y el que se inyecta a los procesos industriales.

En caso de requerirse un flujo máximo de vapor, se utiliza un quemador para incrementar la temperatura de los gases de escape.

En la figura IV.7 se muestra un esquema de una instalación de turbina de gas con inyección de vapor en Ciclo Cheng.

La versatilidad de este sistema para absorber variaciones en las demandas de calor y electricidad se controla mediante la inyección de vapor o el uso de quemadores auxiliares.

La figura IV.8 muestra los parámetros de operación en las diferentes zonas de trabajo de la turbina.

El punto 1, tiene una potencia mínima específica ya que no se está inyectando vapor y el vapor residual se envía para proceso industrial.

El punto 2, muestra una potencia máxima de salida eléctrica, con plena inyección de vapor para proceso industrial.

El punto 3, indica una potencia eléctrica máxima con inyección plena de vapor a la turbina y suministro de vapor industrial. Este punto de operación requiere el uso del quemador para incrementar la temperatura de los gases de escape y obtener, en el recuperador, una producción máxima de vapor.

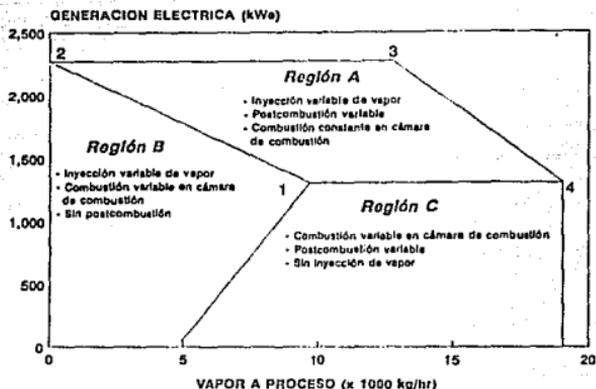
El punto 4, finalmente, nos muestra una salida eléctrica mínima específica con una producción de vapor para proceso industrial.

Los puntos mencionados, son condiciones límites para cada zona de operación. En la práctica, el sistema se mueve en cualquier punto del esquema a fin de conformarse a los requerimientos de electricidad y vapor de la fábrica.

Además de la inyección de vapor para la obtención de una mayor potencia de salida, también se tiene una inyección, de mucho menor flujo, para el control de las emisiones de NO_x . Esto último se logra debido a que la inyección de vapor en la cámara de combustión ocasiona que la temperatura en la cámara de combustión se disminuya con la consecuente reducción de NO_x .

Fig. IV.8

FUNCIONAMIENTO ESTIMADO DE UNA TURBINA DE GAS EN CICLO CHENG



RECUPERADORES DE CALOR

Para recuperar el calor que sale de las turbinas de gas y con ello generar vapor para abastecer las demandas de vapor del proceso se utilizan los recuperadores de calor.

Los recuperadores de calor pueden ser en general de circulación forzada o circulación natural. Los de circulación forzada presentan ventajas de requerir menor espacio para su instalación debido a que son erguidos de forma vertical, tienen un menor tiempo de arranque, requieren un menor *Pinch Point* que se define como la diferencia de temperatura de salida de los gases del evaporador y la temperatura de saturación correspondiente a la presión del vapor generado en esa sección.

La mayor ventaja de los recuperadores de circulación natural es que no cuentan con bombas de circulación evitándose fallas y mantenimiento.

Existen tres tipos o clasificados principalmente de recuperadores:

- Recuperadores de calor sin postcombustión
- Recuperadores de calor con postcombustión
- Recuperadores de calor con máxima postcombustión

Recuperadores de calor sin postcombustión (RCSP)

Los recuperadores de calor sin postcombustión RCSP, son los más simples de los recuperadores, prácticamente son intercambiadores de calor convectivos en los cuales se genera vapor mediante el empleo únicamente de los gases de descarga de las turbinas de gas. Los rangos de las condiciones del vapor con que normalmente operan este tipo de recuperadores es de 10 bars con vapor saturado a 100 bars y 512°C. Los RCSP operan bajo las condiciones operativas impuestas por la turbina de gas.

Recuperadores de calor con postcombustión (RCCP)

El oxígeno contenido en la descarga de la turbina de gas permite llevar a cabo una posterior combustión y así generar una mayor cantidad de vapor con respecto a la RCSP. Los RCCP normalmente operan con temperaturas de gases después de la postcombustión no mayores a 970°C siendo posible llevar a cabo la combustión en ductos con quemadores, ya que de otra forma se requerirían paredes refrigeradas.

Dado que la turbina de gas esencialmente opera como un precalentador del aire que ingresa al recuperador, los RCCP requieren menor cantidad de combustible para generar la misma cantidad de vapor que un generador de vapor convencional, pudiendo llegar a ser un 20% menos el consumo de combustible.

Los RCCP son básicamente intercambiadores de calor convectivos que se diseñan muy similares a los RCSP. Sin embargo, la posibilidad de postcombustión provee la posibilidad de controlar la producción de vapor, dentro de la capacidad del sistema de quemadores, de forma independiente al modo de operación de la turbina de gas.

Recuperadores de calor con máxima postcombustión (RCCMP)

Un RCCMP es esencialmente un generador de vapor convencional con aire suministrado por la descarga de la turbina. Un RCCMP con un exceso de aire del 10% puede producir de 6 a 7 veces el vapor que se obtiene con un RCSP, y debido a que parte del aire utilizado para la combustión está precalentado por la turbina, el combustible requerido en un RCCMP puede ser 7 u 8% menor al requerido en un generador de vapor convencional.

Dado que este tipo de recuperadores pueden generar una cantidad muy grande de vapor, existen muy pocas aplicaciones en las industrias, ya que superan las relaciones calor/electricidad de los procesos con gran facilidad. Las aplicaciones más comunes de los RCCMP utilizan pequeñas turbinas de gas.

A continuación se hace mención a algunos puntos importantes para la selección y diseño de los recuperadores de calor.

OPTIMIZACION DE LOS RECUPERADORES

La optimización de los recuperadores de calor debe seguir las siguientes condiciones, que pueden resultar contradictorias:

- Se debe conseguir la mayor eficiencia en la utilización del calor de los gases.
- Las pérdidas de presión en los haces de los tubos debe ser mínima para no afectar la potencia de salida y eficiencia de la turbina de gas.
- Se debe evitar disminuir la temperatura de los gases a la salida del recuperador por debajo de la temperatura mínima de corrosión, que es cuando se alcanza el punto de rocío del ácido sulfúrico.

Cumplir al máximo los puntos anteriores es particularmente difícil, debido a que la transferencia de calor a bajas temperaturas se realiza prácticamente por medio de convección, ya que el mecanismo de radiación es casi nulo, y para obtener una máxima utilización del calor contenido en los gases se debe tener pequeñas diferencias de temperaturas entre los gases de salida del recuperador y del agua o vapor, lo que provoca que la superficie de intercambio de calor requerida sea grande. Esto trae consigo una caída de presión grande del lado gases, afectando la potencia de la turbina, a menos que la velocidad del gas sea baja, lo que incrementa nuevamente la superficie de intercambio de calor. Sin embargo, este problema puede ser solucionado usando tubos aletados y de diámetro pequeño. Además otro efecto que se logra con tubos de diámetro pequeño es que existe una pequeña cantidad de agua en el evaporador y la capacidad térmica puede ser baja y favorecer así los cambios rápidos de carga.

MOTORES DIESEL Y/O GAS (M.D.):

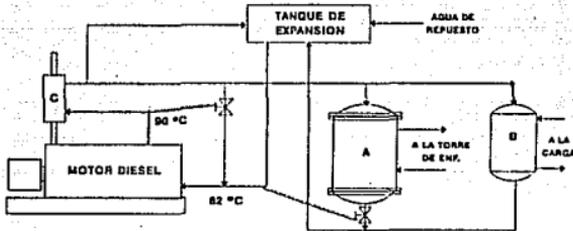
Los M.D. se justifica cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- Las necesidades de vapor son muy bajas con respecto a la electricidad (relación calor/electricidad = 0.8)
- Potencia eléctrica consumida está comprendida entre 300 y 3000 kW.
- Hay consumo de vapor a baja presión (< 2 bar a.) en cantidad suficiente como para poder recuperar el calor del motor.
- La posibilidades de montar varios motores en paralelo, permite ajustar la producción de energía eléctrica, arrancando y parando los mismos.

En la figura IV.9 se muestran dos ejemplos de esquemas de cogeneración con motor diesel.

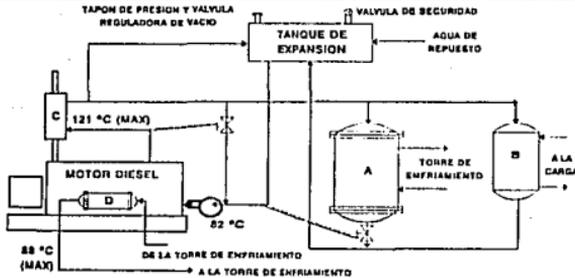
Fig.IV.9

**ESQUEMA DE COGENERACION DE AGUA CALIENTE
HASTA 99 °C CON MOTOR DIESEL**



- A = INTERCAMBIADOR PARA EQUILIBRIO DE LA CARGA
- B = INTERCAMBIADOR PARA LA CARGA
- C = RECUPERADOR DE CALOR DE GASES DE ESCAPE

**ESQUEMA DE COGENERACION DE AGUA SOBRECALENTADA
HASTA 121 °C CON MOTOR DIESEL**



- A = INTERCAMBIADOR PARA EQUILIBRIO DE LA CARGA
- B = INTERCAMBIADOR PARA LA CARGA
- C = RECUPERADOR DE CALOR DE GASES DE ESCAPE
- D = ENFRIADOR DE ACEITE

NOTA: La presión del refrigerante debe ser 0.3 bar aprox. por encima de la presión de saturación del vapor del refrigerante a la misma temperatura.

Los diferentes criterios mencionados no se pueden considerar en forma aislada y las deducciones extraíbles de cada uno de los esquemas debe tenerse en cuenta en una visión global del problema.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS

El diseño de un sistema de cogeneración deberá realizarse para cada caso de aplicación y el desarrollo del sistema será un proceso iterativo. Inicialmente varios esquemas podrán ser propuestos, sin embargo, el o los más atractivos serán analizados en detalle.

Un análisis detallado considera variaciones en el tiempo de los requerimientos térmicos y eléctricos, el comportamiento de los primotores a diferentes cargas, el costo y disponibilidad de diferentes combustibles y los costos de operación de capital.

A continuación se mencionarán algunas reglas generales que puedan ser de ayuda.

Como se expresó antes, existen tres tipos de primotores comercialmente disponibles para emplearse en sistemas de cogeneración: turbinas de vapor, turbinas de gas y motores reciprocantes. Cada una tiene sus características particulares y la elección del tipo de primotor a emplear dependerá de las condiciones técnicas y económicas de cada aplicación.

Durante los últimos 10 años se ha visto que los motores reciprocantes han acaparado el mercado de pequeñas instalaciones, las turbinas de gas el mercado de las aplicaciones de varios megawatts.

Los requerimientos térmicos del usuario determinarán el primotor a seleccionar. La calidad de los requerimientos térmicos y la relación calor/electricidad deberán considerarse.

La calidad térmica se mide mediante la constancia de la presión y la temperatura. Las turbinas de gas y vapor proporcionan una alta calidad térmica donde estas últimas proveen más altas presiones y temperaturas que las turbinas de gas, las que requieren de recuperadores de calor con postcombustión para alcanzar valores similares de presiones y temperaturas; los motores reciprocantes se encuentran limitados en este aspecto ya que su recuperación de calor está limitada.

Las turbinas de vapor ofrecen una gran flexibilidad respecto a la relación calor/electricidad de salida. La posibilidad de extraer vapor a diferentes presiones permite al sistema acoplarse casi a cualquier demanda calor/electricidad. Las turbinas de gas en combinación con recuperadores de calor con postcombustión también ofrecen gran variedad de relaciones térmicas y eléctricas pero no tan altas como las de las turbinas de vapor. Los motores reciprocantes ofrecen las relaciones más bajas.

La eficiencia eléctrica es también importante, los motores reciprocantes son más eficientes en tamaños de pocos megawatts o menores. Los motores de baja velocidad y gran capacidad tienen eficiencias de alrededor de 40%, las turbinas de gas de 3.5 MW o más son altamente eficientes. Las turbinas de vapor pueden alcanzar eficiencias adecuadas en sistemas de 10 MW en adelante.

El tipo de trabajo es de gran importancia para la selección de los primotores. Los motores reciprocantes han demostrado ser superiores en aplicaciones de cargas pico. Las turbinas de vapor encuentran su aplicación en cargas base, ya que si se operan en cargas pico se incrementan sus costos de mantenimiento porque requieren de mantenimientos mayores en intervalos menores.

Los motores reciprocantes se aplican en los rangos de los 10 a los 1,500 kilowatts; para los rangos hasta 3,000 kilowatts se emplean motores reciprocantes de alta velocidad así como turbinas de gas. En este rango de decisión entre uno u otro depende de los requerimientos térmicos y la disponibilidad de equipos en el mercado. Las turbinas se emplean para rangos de varios megawatts en adelante.

El tamaño de los primotores dependerá de la rentabilidad asociada con los siguientes modos de operación.

Un sistema de cogeneración es tanto más eficiente cuanto mayor sea la cantidad de calor aprovechada, es por esto que un sistema de cogeneración óptimo deberá estar basado en la premisa de satisfacer al 100 % de energía térmica que el proceso demande. Esto trae consigo tres posibles escenarios.

El primero, en el que se abastece al 100 % de energía térmica al proceso y se tiene un déficit de energía eléctrica, es decir que se deberá comprar energía a la red eléctrica de igual forma que como se realizaba antes de cogenerar, aunque en menor cantidad que como se venía haciendo, permitiendo tener ahorros en la facturación por concepto de consumo y demanda máxima, además de poderse presentar la posibilidad de cambiar tarifa y potencia contratada.

El segundo escenario es cuando se abastece la demanda térmica y no existe excedente o déficit de energía eléctrica; este proceso es prácticamente imposible en un proceso industrial real.

Si bien los dos primeros escenarios anteriores son lo que se podrían llamar idóneos, también se podría tener el caso que por situaciones de requerimientos exigentes de continuidad del proceso o falta de capacidad de abastecimiento de la empresa suministradora de electricidad, se tuviese que cogenerar el 100 % de la demanda eléctrica y contar con excedente térmico; se podrá mantener el punto óptimo de la instalación siempre y cuando se pueda tener el receptor que pueda consumir energía, ya sea otro proceso o bien la venta de esta energía a otra industria.

Por otro lado es también muy importante tomar en cuenta la magnitud y tipo de planta de tratamiento de agua necesaria para abastecer la tecnología de cogeneración que se utilizará. Como se observa en la siguiente tabla en virtud de la presión a la cual se genera el vapor se impone una determinada calidad del agua que se suministra a los equipos de generación de vapor.

LIMITES DE CONCENTRACION RECOMENDADOS PARA AGUA DE CALDERAS

Presión de vapor de salida del generador (P _{van} PSI)	Sólidos Totales, ppm	Alcalinidad Total, ppm	Sólidos en Suspensión, ppm
0-300	3500	700	300
301-450	3000	600	250
451-600	2500	500	150
601-750	2000	400	100
750-900	1500	300	60
901-1000	1250	250	40
1001-1500	1000	200	20
1501-2000	750	150	10
2001 y más altos	500	100	5

En los equipos de generación de vapor en los cuales se utiliza el condensado proveniente de algún proceso limpio (expansión en una turbina), sólo se requiere la incorporación de pequeñas cantidades de agua cruda (0.5 al 3 %), para reemplazar la que se sale del sistema en forma de condensado o por pérdidas de vapor; por lo tanto, el tratamiento de agua es mínimo siendo la planta de tratamiento y el costo del proceso también de bajo costo.

Sin embargo, en las plantas industriales que consumen un elevado porcentaje de la producción de vapor en sus procesos de trabajo, puede llegar a necesitarse agua de reposición (o tratamiento de los condensados) en cantidades que varían de un 90% al 100% del flujo total de agua de alimentación, ocasionando con estos gastos de inversión y costos de operación que pueden llegar a ser puntos determinantes para definir la rentabilidad de un proyecto de cogeneración.

Otro punto no menos importante a tomar en cuenta en el diseño de un proyecto de cogeneración es el referente a los niveles de tensión de generación y utilización de la energía eléctrica.

Ya que se deberán uniformar la tensión de utilización lo más posible con objeto de no tener gran cantidad de transformadores reductores y elevadores para evitar los costos de inversión y mantenimiento innecesarios.

IV.6.3 Condiciones de las corrientes energéticas en los sistemas de cogeneración.

A continuación se muestran los diagramas de Sankey tanto de la planta convencional de generación de electricidad como de los principales sistemas de cogeneración.

Fig. IV.10

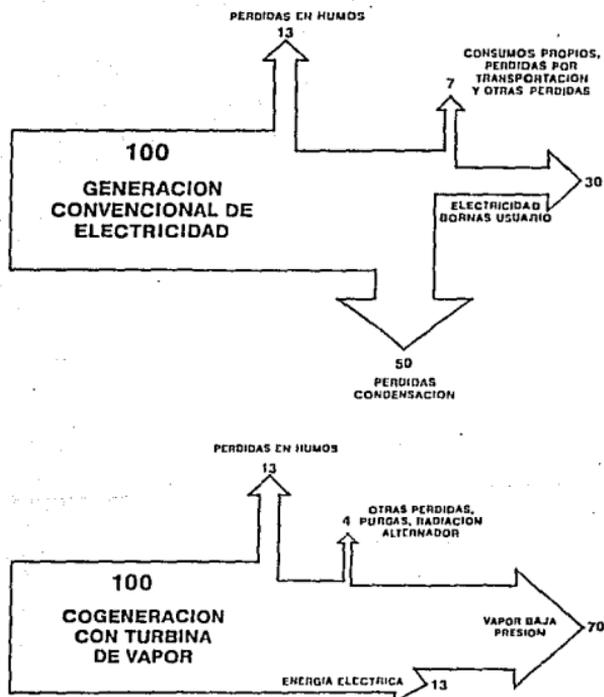
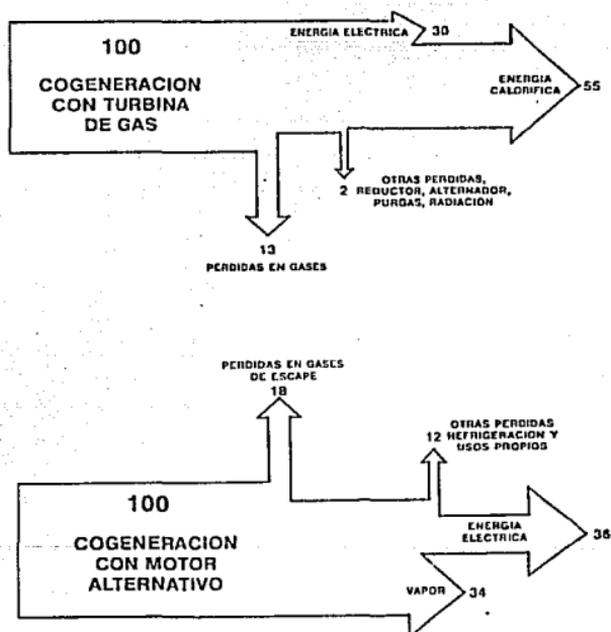


Fig. IV.11



Las características de los esquemas para sistemas de cogeneración se pueden resumir como sigue:

Turbina de Vapor de Contrapresión

- Alto costo de inversión.
- No consume agua de enfriamiento.
- Genera poca energía eléctrica en comparación con el consumo de vapor de proceso.
- El consumo de vapor de proceso define la capacidad generada. Considerando extracciones se puede obtener un poco más de flexibilidad.
- Alta disponibilidad.
- Equipo de limpieza de gases de muy alto costo si no se quema gas.
- No permite variación grande y brusca de vapor a proceso.

Turbina de Vapor de extracción/condensación

- Muy alto costo de inversión.
- Alto consumo de agua de enfriamiento, excepto si se usa un aerocondensador.
- Operación muy flexible. Permite control de potencia y vapor de proceso al mismo tiempo y en forma independiente.
- Buena eficiencia térmica.
- Mayor generación de electricidad al compararse con una turbina de contrapresión y con el mismo consumo de vapor de proceso.
- Alta disponibilidad.
- Equipo de limpieza de gases de muy alto costo si no se quema gas.
- Permite variación grande de vapor a proceso.

Turbina de Gas con Caldera de Recuperación

- Bajo costo de inversión.
- No consume de agua de enfriamiento.
- Cantidad fija de vapor a proceso, la alternativa con combustión adicional es un poco más flexible.
- Baja eficiencia sobre todo a cargas parciales.
- Baja inversión en equipo de limpieza por quemar gas.
- Mínimo requerimiento de espacio. Fácil de instalar o desmontar.
- Tiempo de arranque muy corto.
- No permite variación grande de vapor a proceso.

Planta de Ciclo Combinado

- Mediano costo de inversión.
- Consumo medio de agua de enfriamiento.
- Operación muy flexible con turbina de vapor de extracción y condensación.
- Muy alta eficiencia térmica.
- Muy baja emisión de contaminantes al quemar gas.

- Tiempo de arranque muy corto en la parte de turbogas.
- Permite variación grande de vapor a proceso.

Motor Alternativo Diesel

- Bajo costo de inversión.
- Consumo medio de agua de enfriamiento.
- Alta eficiencia térmica.
- Generación térmica principalmente de agua caliente.
- Operación poco flexible, la carga térmica depende fuertemente de la generación eléctrica.
- Alta producción de electricidad con relación a la carga térmica.
- Mediana emisión de contaminantes.
- Tiempo de arranque muy corto.
- Requiere poco espacio para su instalación.
- Tiempo corto de montaje.
- Capacidades desde unos cuantos kW.

Paquetes de cogeneración (PC)

Los paquetes de cogeneración han demostrado ser económicamente rentables en pequeñas industrias, granjas, balnearios, baños públicos y grandes edificios, tales como universidades, hospitales y hoteles. Básicamente están constituidos de primotores, sistemas de recuperación de calor y equipo de control. Con la ventaja de ser módulos prefabricados pudiéndose transportar e instalar fácilmente.

Quizás el aspecto más destacado de estos módulos es su potencial para usos muy amplios. Las unidades pueden ser proyectadas a la medida de cada usuario.

Fue hasta principios de 1980 que el concepto de paquetes de cogeneración comenzó a tener auge. Los PC consisten en una unidad integrada que se traslada y se arma en el sitio deseado, los costos de diseño se prorratan sobre las diversas unidades, así como una importante reducción en los costos de fabricación por tenerse líneas de ensamble en serie.

Actualmente existen módulos de PC en rangos de generación desde 6 kilowatts hasta un poco más de un megawatt.

Aunque existen módulos con turbinas de gas y con turbinas de vapor de 600 o 700 kilowatts, los primotores son normalmente motores recíprocos, ya que la mayoría de estos paquetes están basados en variaciones de los motores automotrices y que operan con gas natural.

Los PC de usualmente hasta 150 kW proporcionan únicamente agua caliente, ya que el enfriamiento con ebullición y generación de vapor no se encuentra generalmente en paquetes de estas capacidades.

IV.7 CARACTERISTICAS INHERENTES A CADA ESQUEMA DE COGENERACION

Indices utilizados para comparar las instalaciones de cogeneración.

Para poder comparar la eficiencia de los sistemas de cogeneración entre sí y de estos con el sistema convencional de cogeneración, se utilizan diferentes índices, de los que los tres más empleados son los que se citarán a continuación.

Indice de Calor Neto (ICN) (Net Heat Rate).

Este índice expresa la relación entre el combustible utilizado que se puede atribuir a la energía eléctrica producida, y la producción de electricidad de las instalaciones. El combustible que se atribuye a la energía eléctrica generada se calcula restando, del combustible total utilizado, el que hubiera sido necesario para producir el vapor generado en una caldera de vapor convencional.

$$ICN = \frac{Q_s - (Q_u / \eta_{Cal.})}{E}$$

donde:

Q_s = Calor total suministrado
Q_u = Calor útil total aprovechado
E = Electricidad generada
 $\eta_{Cal.}$ = Eficiencia de la Caldera

Evidentemente, cuanto más bajo es el valor de este índice, significa que tanto más eficiente se ha utilizado el combustible para la generación de energía eléctrica. Como se ve está ligado con el denominado Consumo Térmico Unitario (Heat Rate) de una planta de potencia convencional que, como se sabe, es el inverso del rendimiento de la planta.

Indice de Energía Calor/Electricidad (Power to Heat Rate)

Esta relación también se utiliza a la inversa, es decir expresada como Electricidad/Calor y su manejo es de forma indistinta.

Es la relación entre la energía eléctrica y calor producido, es decir la energía térmica. Es un índice de gran importancia a saber, en cada caso, el tipo de tecnología que se puede aplicar según las curvas de demanda de la energía eléctrica y térmica.

La siguiente tabla muestra las relaciones típicas que se obtienen en los tres tipos básicos de instalaciones de cogeneración más importantes.

TECNOLOGIA	MW/MW (Térmicos/Eléctricos)
Motor Diesel	0.6 - 1.2
Turbina de gas	2.3 - 4.8
Turbina de vapor a contrapresión	4.4 y mayores

Indice de Combustible Ahorrado (Fuel Saving Rate)

Este coeficiente representa el combustible desplazado de las grandes centrales para la producción de electricidad de vapor producido. El combustible ahorrado por kWh de electricidad generada es la diferencia entre el heat rate de la planta de potencia estándar (que se puede considerar de 3) y el índice de calor neto, de la planta de cogeneración dividido por el índice energía/calor, es decir,

$$ICN = \frac{(HR_s - ICN)}{IEC}$$

donde:

ICA = Índice de combustible ahorrado
 HR_s = Heat Rate de la planta de potencia estándar
 ICN = Índice de calor neto
 IEC = Índice de electricidad/calor

Mientras que el ICN muestra la manera en que el combustible es utilizado para generar energía eléctrica, el ICA indica los ahorros brutos de combustible.

Un sistema de cogeneración puede presentarse atractivo bajo el punto de vista de índices y desfavorable frente a otro.

Así, comparando los valores típicos para las distintas tecnologías de cogeneración, se llega a la conclusión de que, si bien las turbinas de vapor producen electricidad muy eficientemente, el ICN es bajo, sin embargo no producen una gran cantidad de electricidad extra, ya que el IEC es bajo. Si todo el vapor de proceso necesario pudiera ser generado por cogeneración, se ahorraría más combustible utilizando un motor diesel que turbina de vapor. Por su parte, el motor diesel el IEC es muy elevado, y este es precisamente uno de sus inconvenientes.

Lo anterior se puede ver de manera esquemática también en las figuras IV.3 y 4 anteriores.

IV.8 FACTORES QUE INCIDEN EN LA FACTIBILIDAD DE PROYECTOS DE COGENERACION

IV.8.1 Aspectos generales

Factores que inciden Para poder definir la solución más económicamente factible que se apegue a las necesidades de una fábrica o procesos específico, hay que considerar los siguientes aspectos:⁴

Tipo de combustible.

El carbón sería el combustible más barato. Sin embargo su aplicación en plantas de cogeneración no se justifica por su alto costo de inversión en los sistemas de transporte, manejo de carbón, cenizas y la limpieza de los gases.

El combustóleo es altamente utilizado en calderas convencionales. Sin embargo su alto contenido de azufre y vanadio, especialmente el combustóleo mexicano, lo hace fuertemente corrosivo y contaminante, requiriendo de un sistema de gases muy costoso para poder cumplir con la ley de protección ambiental.

El diesel es un combustible menos contaminante que el combustóleo, pero sumamente caro, por lo que solo es económicamente rentable como rentable.

El gas natural tiene la gran ventaja de ser un combustible muy limpio, cuyos gases no requieren de una limpieza especial si se usa un sistema de combustión adecuado. Es el combustible ideal para turbinas de gas, pero se usa también en calderas convencionales. Aunque en México cuesta aproximadamente 10 ¢ más por MBTU que el combustóleo, dependiendo de sus costo de transporte, puede resultar demasiado caro si la planta no se encuentra en una zona de alta demanda de gas o fácil acceso a un gasoducto de suficiente capacidad.

Relación calor/electricidad.

Las diferentes industrias tienen diferentes requerimientos específicos de calor y energía eléctrica.

Normalmente la disponibilidad continua de vapor de proceso tiene absoluta prioridad. Con la apertura del Sector Eléctrico a la autogeneración, se puede manejar con más flexibilidad, dado que la energía sobrante o faltante se puede vender o conseguir de CFE.

Variación en el consumo de vapor.

Cualquier tipo de caldera, recuperador o intercambiador de calor requiere de un cierto tiempo para satisfacer cambios en la demanda de vapor o agua caliente, mientras que las turbinas de vapor responden inmediatamente a variaciones en el flujo.

Esto significa que en casos de procesos que impliquen variaciones rápidas en el consumo de vapor se recomienda el uso de turbinas de vapor con extracción y condensación en forma directa o integradas en un ciclo combinado. Esta solución requiere que las calderas generen una cantidad mayor que la demanda del proceso. El vapor excedente va a condensación y la electricidad excedente a la red pública.

Agua de enfriamiento.

En zonas de escasez de agua donde se deben considerar sistemas de enfriamiento tipo seco, la turbina de gas tiene claras ventajas frente a la turbina de vapor, primordialmente en las de tipo condensación ya que la expansión de las turbinas se ve altamente afectada por la presión de descarga siendo ésta última dependiente de la temperatura a la cual se rechaza el calor.

Disponibilidad.

La mayoría de los procesos industriales requieren de una disponibilidad ininterrumpida de vapor de proceso y electricidad. Las plantas de cogeneración pueden satisfacer este requisito si su concepto se define en forma adecuada. Para lograr esto hay que considerar la disponibilidad esperada a cada componente y prever los respaldos correspondientes.

Las siguientes cifras son promedios calculados a base de estadísticas obtenidas de entre 20 y 200 unidades de cada tipo.

COMPONENTE	DISPONIBILIDAD
Turbogrupos de gas.	90 %
Turbogrupos de vapor incluyendo caldera	91.2 %
Caldera de recuperación	98 %
Turbogrupos de vapor (sin caldera)	94 %

Protección ambiental.

Los límites de emisiones establecidos para la protección ambiental son de suma importancia en la evaluación de un proyecto, por su impacto en los costos de inversión y operación de las plantas de cogeneración.

Situación geográfica.

Por razones técnicas y económicas las plantas de cogeneración deberán instalarse lo más cerca posible al consumidor de vapor de proceso. Los factores ambientales más importantes son, altura sobre el nivel del mar y temperatura ambiente.

Costo de la inversión.

Dependiendo de la tecnología seleccionada el costo de la inversión puede variar hasta en un 200 %. Sin embargo las condiciones demandadas por el proceso será las que definan primordialmente el tipo de tecnología y dentro de estas se deberá adquirir aquella que requiera menor inversión.

IV.8.2 Características económicas de los Sistemas de Cogeneración.

Los costos directos de los sistemas de cogeneración comprenden los costos correspondientes de los equipos principales requeridos para integrar cada sistema. Los componentes se pueden dividir en los siguientes subsistemas:

- Equipo para manejo y almacenamiento de combustible.
- Calderas y equipo de recuperación.
- Máquinas (turbinas, motores)
- Generadores
- Equipo de conexión eléctrica

El costo inicial de los equipos se ve regido por la economía de escala, es decir, depende de la capacidad del sistema: conforme mayor es la capacidad, el costo del equipo por kW generado, es menor.⁵

Por otro lado, los sistemas de baja capacidad resultan menos eficientes que los de menor tamaño y por lo tanto sus costos de operación unitarios también aumentan conforme la capacidad disminuye.

Se hace necesario entonces, efectuar un estudio técnico-económico detallado para encontrar el tamaño y arreglo óptimos del sistema para satisfacer las necesidades energéticas de la empresa, e incluso de otros posibles usuarios.

IV.8.3 Evaluación de proyectos de cogeneración.

A continuación se listan las características típicas de un proyecto de cogeneración que es necesario evaluar para determinar su factibilidad.

- a) Costo de capital.
- b) Potencial para independizar el sistema de las operaciones propias del proceso.
- c) Límites del proyecto claramente definidos.

- d) Salidas cuantificables.
- e) Potencial de multiusuarios.
- f) Capacidad eléctrica a proporcionar.
- g) Características económicas inherentes.

El costo de capital se evalúa de acuerdo a las políticas de la empresa referentes a su presupuesto para proyectos. En caso de que el vapor sea producto principal, el costo de un sistema que produzca tanto vapor como electricidad obviamente excederá el de uno que produzca exclusivamente vapor. Aún cuando los ahorros que se obtengan en consumo de electricidad presenten una alternativa adecuada de inversión, el costo del sistema podría representar una parte sustancial del presupuesto.

Los incisos b), c) y d) se refieren a evaluar la posibilidad de independizar los proyectos de cogeneración de proceso o manufactura. Ese grado de independencia del proceso es función principalmente de las curvas de utilización de energía, de la cantidad de energía destinada a otros usuarios y el uso de algún producto residual del proceso o de desechos como combustibles.

El grado máximo de independencia se tendrá cuando el sistema sea diseñado principalmente para venta de energía eléctrica y suministro de calor relativamente pequeño para proceso. Por otro lado una instalación que utilice un subproducto como combustible y que suministre calor y electricidad para satisfacer demandas internas muy variables, estará totalmente integrada a las operaciones de proceso.

Ya sea que el sistema opere independientemente o íntegramente con la instalación industrial, los límites entre las operaciones del primero y las de la segunda deben ser fácilmente identificables y, por lo tanto, también los equipos se podrán aislar dentro de los límites del proyecto.

Tanto las corrientes de entrada al sistema de cogeneración como su salidas deben ser cuantificables, por ejemplo: combustible, vapor, electricidad, mantenimiento; estas características hacen que los costos de capital y de operación puedan definirse claramente. Esta es una clave que en combinación con el potencial de independencia del proceso puede permitir que la cogeneración se considere como un proyecto por separado con la posibilidad de involucrar una tercera parte para financiamiento del mismo.

El inciso e) es la habilidad del proyecto de cogeneración de dar servicio a múltiples usuarios, ya sea como en el caso de un sistema de calefacción distrital o mediante la venta de electricidad a la red de suministro público. En términos presupuestales y financieros, el potencial de multiusuarios porque permite la participación de otras entidades para compartir el costo

de capital del proyecto, ya sea directamente o, más comúnmente, mediante convenios de compra de energía.

Otro aspecto de los sistemas de cogeneración es el referente al inciso f), la capacidad eléctrica a proporcionar, cuya importancia reside a nivel de inversiones de la compañía encargada del suministro eléctrico. Las capacidades eléctricas que los sistemas de cogeneración pueden proporcionar, resultan adecuadas para aquellas zonas en que se requiera una cantidad limitada de nueva capacidad instalada de tal manera que se pueda satisfacer la necesidad futura de generación, sin que la compañía eléctrica realice la inversión de una nueva central.

El último inciso está relacionado directamente con la decisión de destinar presupuesto de capital a proyectos. Dependiendo de sus características, la rentabilidad del proyecto se comparará con la de otros proyectos para efectuar la selección de alguno(s) de ellos.

IV.9 REFERENCIAS DEL CAPITULO IV

- 1 Oportunidades para Empresas Europeas en los Programas de Cogeneración en México, Conferencia dada por el Ing. Luis E. Noriega G. Coordinador de Programas de Cogeneración del CONAE, en el marco de las "Jornadas TECNICAS COGENERACION '92", efectuadas en Madrid, España, Octubre de 1992
- 2 Buendía Domínguez, Eduardo. Apuntes del Diplomado en Cogeneración. FONAE y División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Agosto-Diciembre de 1992.
- 3 Buendía Domínguez, Eduardo. Oportunidades de Ahorro en Cogeneración. Instituto de Investigaciones Eléctricas. 1991
- 4 Monedero de la Vega, Arturo. Apuntes del Diplomado en Cogeneración. FONAE y División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Agosto-Diciembre de 1992.
- 5 Fernández González, Luis. Apuntes del Diplomado en Cogeneración. FONAE y División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Agosto-Diciembre de 1992.

CAPITULO V

REPORTE DEL DIAGNOSTICO ENERGETICO DE SEGUNDO NIVEL REALIZADO EN UNA MICROINDUSTRIA

A continuación se presenta a manera de ejemplo, un extracto de las principales partes de un reporte de un diagnóstico energético de segundo nivel realizado a una microindustria. Como antecedentes debe mencionarse que este diagnóstico se realizó como parte de una serie de diagnósticos a varias empresas similares para constituir una muestra significativa de la industria de esta rama. El trabajo fue realizado a solicitud del Fideicomiso para el Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE). De esta manera, junto con esta empresa fueron también diagnosticadas otras siete plantas de la misma región y de dimensiones y giros similares. El diagnóstico se realizó de acuerdo a la metodología presentada en el capítulo cuatro aunque se trató de adecuar respecto a las necesidades y exigencias que el estudio requería por los alcances determinados en el contrato del FIDE. Como resultado del trabajo de campo y de gabinete se generó el un reporte de resultados, el cual contiene las siguientes secciones:

1. Datos Generales de la Empresa
2. Descripción del proceso
3. Situación Energética Actual
4. Características Energéticas
5. Análisis Energético de los Sistemas
6. Sistema de Distribución del Agua
7. Medidas de Ahorro

Se presentan a continuación algunos de los resultados técnicos, sin embargo se ha guardado la confidencialidad de algunos datos así como del nombre de la empresa para hacer posible la publicación en esta tesis.

1. DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

Ubicación

La empresa se encuentra dentro de el estado de Yucatán. Ocupa una superficie construida de 2,170 m² en la nave principal y 1,395 m² para la nave de almacenamiento.

Inicio de operaciones

Año de 1980.

Giro de la empresa

Elaboración de blocks y materiales moldeables de poliestireno.

Materia prima

Poliestireno granulado.

Personal de la empresa

El personal ocupado asciende a 14 personas incluyendo obreros y personal de confianza, los cuales se distribuyen en dos turnos de trabajo con los siguientes horarios:

Lunes a Jueves:

1° 8:00 a 18:00

2° 18:00 a 4:00

Viernes:

1° 8:00 a 18:00

Días de operación

240 días al año.

Condiciones climáticas

La región donde se ubica la empresa mantiene las siguientes características:

Latitud: 20°56'

Altura S.N.M.: 9 m

Presión barométrica: 1.01 bars

Temperatura máxima: 44.1°C

Temperatura mínima: 5°C

Humedad Relativa media: 78%

Precipitación máxima: 439.9 mm

2. DESCRIPCION DEL PROCESO

A continuación se una breve descripción del proceso de producción, la cual va acompañada de un diagrama de bloques (figura V.1) para lograr un mejor entendimiento del mismo.

El poliestireno como materia prima se alimenta al pre-expansor, que es un equipo que trabaja con vapor para expandirlo. Una vez que este equipo ha completado su función, el poliestireno expandido se transporta mediante un ventilador junto con aire caliente a los silos de reposo y almacenamiento en donde el producto permanecerá de tres a cuatro horas para los productos de baja densidad, y de doce a catorce horas para los productos moldeados. De los silos de almacenamiento, el poliestireno se envía a las diferentes máquinas dentro de la instalación: *bloquera* y *prensas*, en la primera se fabrican piezas de diferentes dimensiones para ahí enviarlas a las guillotinas, banda cortadora y down-cuter que tiene por objetivo el cortar y darles dimensiones requeridas por el cliente. Después pasan a la sección de almacenamiento y biselado para la entrega final. Las etapas antes descritas solo se llevan a cabo en los materiales destinados a la bloquera; en el caso de los materiales que van a las diferentes prensas, el producto final no sufre ningún proceso adicional llegando directamente al cliente. Estos productos moldeados son: hieleras, canastos, recipientes, etc.

La densidad de los blocks es de 0.65 lb/pie^3 , en tanto que la densidad de los cuerpos moldeados varía de 1.2 a 1.7 lb/pie^3 . Los blocks se utilizan en el ramo de la construcción, en tanto que los cuerpos moldeados se utilizan en el hogar.

2.1 Producción

Para el periodo Enero-Diciembre de 1992, la producción ascendió a 268.2 toneladas de poliestireno tanto en cuerpos moldeados como blocks. La capacidad de la planta es de 40 ton/mes; a condiciones actuales de operación se llega a 27 ton/mes, que equivale a 67.5%. En el momento de realizar el diagnóstico se encontraron trabajando a baja capacidad por tener fuera de operación una caldera. La capacidad de la bloquera es de 4 blocks por hora que equivale a 200 kg/hr, en tanto que la capacidad de las prensas kohler es de 300 kg/hr. En la tabla V.1 se presenta la producción registrada en 1992.

Figura V.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

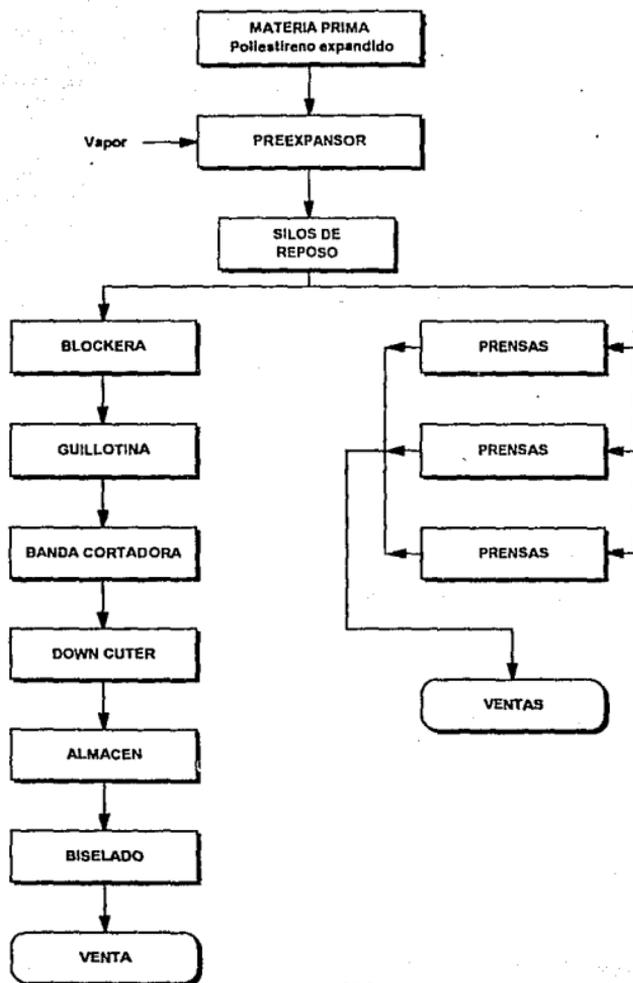


Tabla V.1 RESUMEN DE PRODUCCION DE 1992

MES	PRODUCCION (kg)
Enero	24,560
Febrero	12,800
Marzo	29,240
Abril	24,400
Mayo	18,960
Junio	29,360
Julio	28,920
Agosto	24,480
Septiembre	21,640
Octubre	19,120
Noviembre	17,400
Diciembre	17,320
TOTAL	268,200
PROMEDIO	22,350

3. SITUACION ENERGETICA ACTUAL

Los energéticos consumidos en planta son: Diesel que se utiliza para la generación del vapor, y Energía eléctrica, con una capacidad instalada de 241 kW distribuidos como sigue:

a) Compresores de aire	89.5 kW	37.13 %
b) Equipo de bombeo	40 kW	16.6 %
c) Motores de proceso	103.5 kW	42.95 %
d) Iluminación	8 kW	3.32 %

El consumo de diesel ascendió a 177,900 lts. para el período Enero/Diciembre de 1992.

3.1 Facturación eléctrica

La planta se encuentra suscrita a la tarifa OM ordinaria para servicio general en media tensión con demanda menor a 1,000 kW, para la región peninsular, las cuotas aplicables mensualmente son:

- a) Cargo por demanda máxima medida: N\$ 24.24/kW
- b) Cargo por energía consumida: N\$ 0.14244/kWh

Las características promedio mensual que se mantuvieron en los índices de facturación durante el período Enero/Febrero de 1993, fueron los siguientes:

- Consumo mensual: 20,080 kWh
- Factor de potencia: 96.46 %
- Factor de carga: 29.8 %
- Erogación: N\$ 5,303

En la tabla V.2, se muestran las estadísticas correspondientes.

3.2 Índices energéticos

Para el período Ene/Dic de 1992, se operó con un índice eléctrico de 0.981 kWh/kg, se observa una tendencia constante, salvo el mes de Febrero, en el que se dispara correspondiendo una producción para este mes de 12,800 kg de producto. Por lo que respecta al índice térmico se trabajó con un factor de 0.696 lts de diesel/kg, en las figuras V.2 y V.3 se muestran los gráficos respectivos. Los índices anteriores se deben interpretar como los consumos eléctricos y térmicos que se tienen actualmente para producir un kg de producto. No se tienen actualmente índices comparativos de este tipo de plantas a nivel nacional, sin embargo se estima que con la implementación de las medidas de conservación y ahorro de energía éste pasaría hasta 0.89 kWh/kg de poliestireno producido.

Tabla V.2 FACTURACION ELECTRICA

Mes	Consumo kWh	Dem. máx kW	f.p. %	f.c. %	Importe N\$
1992					
Enero	14,720	96	98.00	20.00	
Febrero	37,360	103	95.00	52.11	
Marzo	21,280	95	95.00	30.11	
Abril	21,440	95	97.10	31.35	5,636.60
Mayo	16,640	90	97.44	24.85	4,815.70
Junio	22,000	92	96.48	33.21	5,550.70
Julio	24,480	93	95.68	35.38	6,405.90
Agosto	17,760	88	97.07	27.13	5,219.20
Septiembre	18,800	88	96.89	29.67	5,320.50
Octubre	17,520	80	97.59	29.44	5,039.90
Noviembre	15,520	92	96.21	23.43	5,055.00
Diciembre	13,440	86	95.37	21.01	4,684.00
1993					
Enero	17,120	88	93.38	26.15	5,371.00
Febrero	12,880	65	93.70	29.49	3,888.00
Total 1992	240,960				47,727.50
Promedio	20,080	91.5	96.49	29.8075	5,303.06
Total 1993	30,000				9,259.00
Promedio	15,000	76.5	93.54	27.82	4,629.50

Figura V.2 INDICES ENERGETICOS (ELECTRICOS)

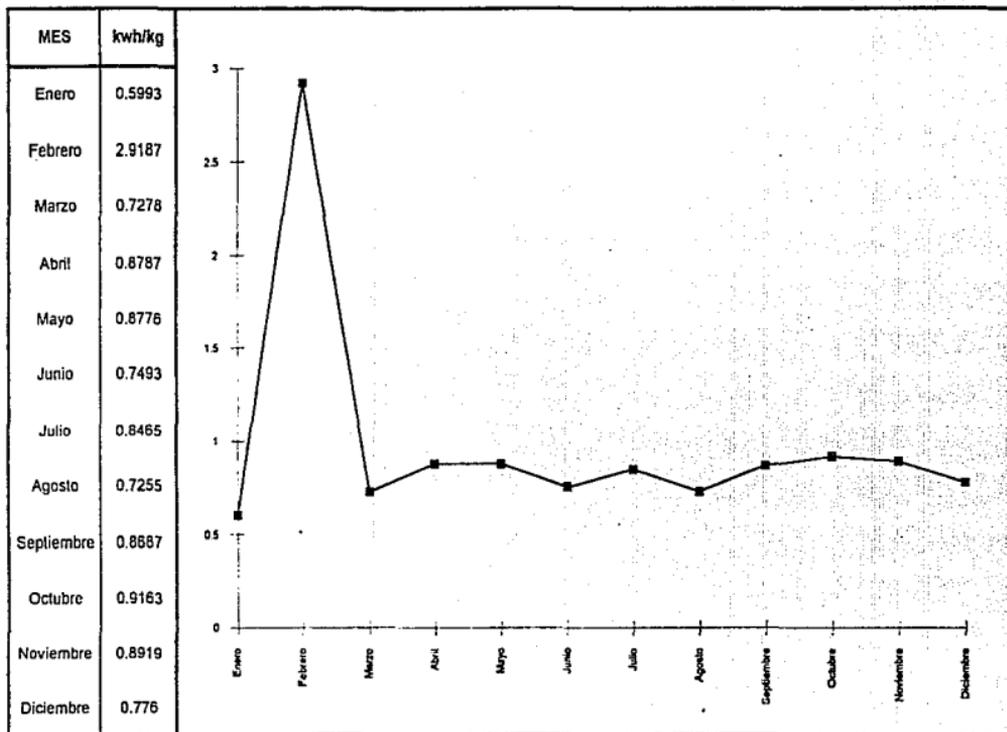
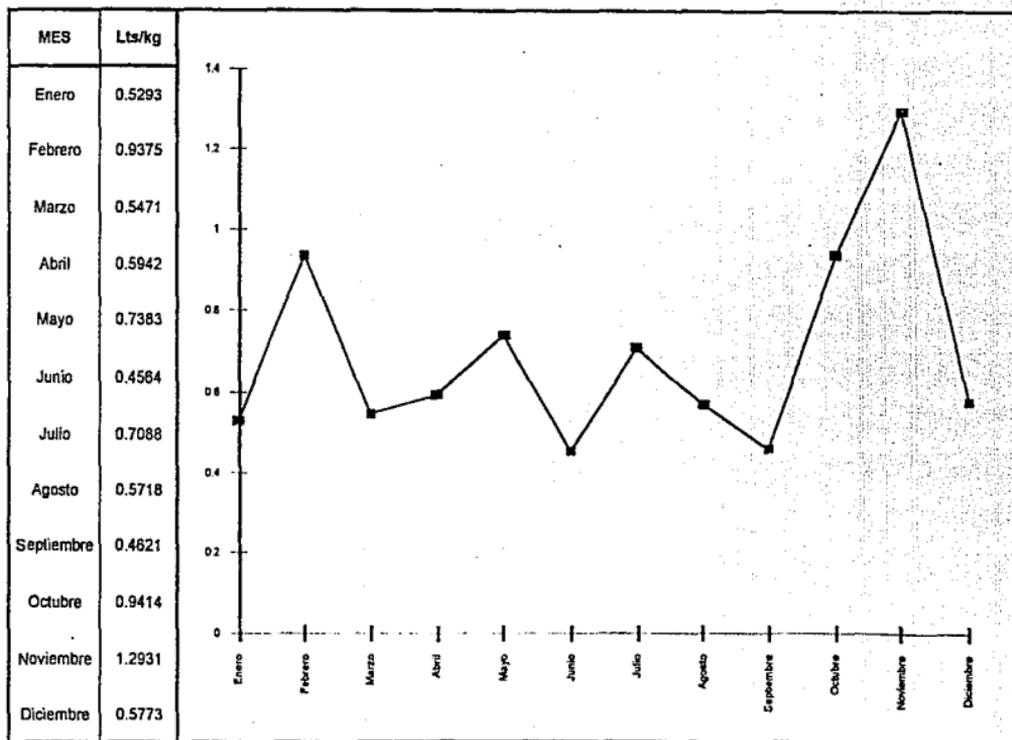


Figura V.3 INDICES ENERGETICOS (TERMICOS)



4. CARACTERISTICAS ENERGETICAS

4.1 Transformadores

Esta planta cuenta con un solo transformador de 150 kVA, su relación de transformación es de 13,200/220 Volts, en la tabla V.3 se presentan las mediciones eléctricas realizadas a dicho equipo, las cuales a su vez son interpretadas en una gráfica de puntos determinando con esto el perfil de la demanda típica que se presentó durante la corrida de medición (fig. V.4). Las mediciones fueron realizadas por un analizador de redes trifasico modelo kitron OPH-03 de marca MEXALTEC. Este aparato tiene incluido un microprocesador de computadora y una memoria RAM. El aparato se conecta a la red en el lado de baja tensión por medio de tres transformadores de corriente y uno de potencial para adecuar las señales a los rangos permitidos del aparato de medición. El aparato permitió registrar y almacenar los siguientes parámetros cada 15 minutos para poder observar el patrón y perfil de demandas con el tiempo: voltaje en cada fase, corriente en cada fase y factor de potencia promedio.

4.2 Motores

De la misma manera que en el transformador, se realizaron mediciones en forma continua a los motores siguientes: Compresores de aire, Molino de desperdicios y prensa kohler (figuras V.5 a V.8). Por lo que respecta a las mediciones puntuales estas se citan en la tabla V.4; el criterio que se siguió para la medición eléctrica fue con base a su potencia nominal y por lo tanto, representan un consumo importante de energía dentro de la instalación, como es el caso de los compresores de aire.

4.3 Aire comprimido

La capacidad instalada en motores de compresores asciende a 89.52 kW, distribuidos en dos compresores de tornillo y uno de pistones con las siguientes características:

EQUIPO	COMPRESOR 1	COMPRESOR 2	COMPRESOR 3
MARCA:	Ingersoll Rand	Ingersoll Rand	Ingersoll Rand
MODELO:	U30H-SP	U30H-SP	-----
FLUJO:	125 scfm	125 scfm	-----
P.DESC	125 psig	125 psig	125 psig
MOTOR:	30 hp	30 hp	60 hp

Se realizó un recorrido por el sistema a fin de detectar modos de operación, fugas de aire en las redes de distribución.

4.4 Iluminación

Se realizó un levantamiento general de los sistemas de iluminación usados en todas las áreas de la planta, considerando los siguientes aspectos:

- Tipo de equipo empleado.
- Número de luminarias utilizadas.
- Consumo eléctrico.
- Intensidad lumínica producida.

En la tabla V.5, se muestra el censo y mediciones realizadas al sistema.

4.5 Sistema térmico

El sistema de generación de vapor está constituido por dos calderas con los siguientes datos nominales:

	CALDERA 1	CALDERA 2
MARCA:	Cleaver brooks	Cleaver brooks
TIPO:	Cbh	Cbh
MODELO:	cbh-200-100	cbh-100-100
CAPACIDAD:	200 Cabaliso Cald.	100 Cabaliso Cald.
SERIE:	mx-340	mx-2392-cb
P. DISEÑO:	10.5 kg/cm ²	10.5 kg/cm ²

El vapor se utiliza en el proceso para expandir el poliestireno, mediante la acción del calor, este logra adquirir las características deseables para su manejo posterior. En el momento de efectuar el levantamiento en campo, solo se encontraba en operación la caldera 1, debido a que la otra estaba en mantenimiento.

Para la operación simultánea de las prensas y bloquera, es necesario que se encuentren trabajando ambas calderas, las condiciones de operación de estas son las siguientes:

Presión de operación: 6.5 kg/cm²
Temperatura del vapor: 167 °C
Temperatura del agua de alimentación: 75 ° C

Tabla V.3 RESULTADO DE MEDICIONES POR EL ANALIZADOR DE REDES

EQUIPO: TRANSFORMADOR

Fecha	Hora	V1	V2	V3	Ia	Ib	Ic	Wa	Wb	Wc	W 3f	VA 3f	FP 3f
29-Mar-93	08:00	42.8	42.1	42.4	0.13	0.14	0.19	6.00	6.65	11.29	8249.3	7349.915	0.48
29-Mar-93	08:15	60.5	68.4	68.8	0.63	0.61	0.97	51.59	51.09	63.03	39374.6	41069.512	0.93
29-Mar-93	08:30	69.0	67.8	68.4	1.18	1.11	1.29	69.88	67.67	81.72	61974.4	57749.329	0.90
29-Mar-93	08:45	68.5	67.3	67.8	0.83	0.79	0.98	48.72	48.82	61.92	37799.6	41474.518	0.81
29-Mar-93	09:00	68.5	67.4	67.8	0.48	0.49	0.70	30.63	32.15	44.34	28199.7	26240.605	0.97
29-Mar-93	09:15	67.9	66.9	67.2	1.09	1.08	1.34	64.74	65.70	80.87	60389.4	56174.347	0.91
29-Mar-93	09:30	67.8	66.7	67.1	1.27	1.23	1.48	74.57	73.31	89.08	64699.3	63524.261	0.89
29-Mar-93	09:45	68.5	67.4	67.8	1.29	1.25	1.51	76.33	75.63	91.25	67749.3	65069.243	0.89
29-Mar-93	10:00	68.4	67.4	67.7	1.21	1.18	1.43	72.15	71.46	86.66	65124.4	61424.286	0.89
29-Mar-93	10:15	68.2	67.2	67.5	1.22	1.20	1.47	71.45	72.91	82.63	65649.4	62474.274	0.89
29-Mar-93	10:30	68.1	67.1	67.5	1.33	1.27	1.52	78.00	75.17	92.41	68274.3	66149.231	0.89
29-Mar-93	10:45	67.7	66.7	67.1	1.36	1.28	1.54	79.51	75.22	93.38	69324.3	66674.225	0.89
29-Mar-93	11:00	67.6	66.5	66.9	1.21	1.18	1.42	70.84	70.44	85.25	64074.4	60374.258	0.89
29-Mar-93	11:15	67.5	66.4	66.7	1.18	1.19	1.45	69.23	72.25	86.61	64699.4	60669.292	0.90
29-Mar-93	11:30	67.6	66.6	66.9	1.25	1.26	1.49	74.27	76.03	89.64	67224.3	63524.261	0.90
29-Mar-93	11:45	67.9	66.8	67.1	1.20	1.23	1.47	71.09	74.87	88.22	66649.4	61949.280	0.90
29-Mar-93	12:00	68.3	67.1	67.5	0.19	0.20	0.24	11.03	12.19	14.46	8924.8	9974.884	0.16
29-Mar-93	12:15	68.6	67.5	67.9	1.21	1.21	1.43	71.90	73.26	88.21	65124.4	62474.274	0.89
29-Mar-93	12:30	68.6	67.5	67.9	1.25	1.23	1.48	72.78	73.78	88.88	66174.3	64049.255	0.88
29-Mar-93	12:45	68.4	67.4	67.8	1.28	1.25	1.52	74.12	75.43	91.36	67224.3	65069.243	0.88
29-Mar-93	13:00	68.7	67.7	68.1	0.52	0.52	0.65	29.58	30.36	40.81	23824.7	25724.701	0.94
29-Mar-93	13:15	68.6	67.7	68.0	0.03	0.03	0.05	1.46	1.68	3.02	1050.0	1049.989	0.14
29-Mar-93	13:30	68.5	67.6	67.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.000	0.00
29-Mar-93	13:45	68.4	67.5	67.8	0.10	0.11	0.12	4.69	4.64	6.45	3875.0	5249.939	0.39
29-Mar-93	14:00	69.1	68.0	68.5	0.57	0.60	0.72	36.48	38.90	46.91	28874.7	30449.646	0.97
29-Mar-93	14:15	68.5	67.5	68.0	1.27	1.19	1.35	73.81	70.14	84.19	64699.4	61424.286	0.89
29-Mar-93	14:30	69.0	67.9	68.4	1.11	1.08	1.24	66.10	66.61	77.95	60389.4	55649.263	0.90
29-Mar-93	14:45	68.8	67.7	68.2	1.29	1.23	1.43	72.71	72.20	86.81	66124.4	64049.255	0.87
29-Mar-93	15:00	68.9	67.8	68.3	1.14	1.05	1.23	63.18	61.02	75.43	47249.5	55124.269	0.86
29-Mar-93	15:15	68.8	67.4	67.9	1.28	1.26	1.42	75.68	76.18	88.07	67224.3	64049.255	0.90
29-Mar-93	15:30	68.6	67.4	68.0	1.46	1.36	1.54	83.64	79.51	95.03	61424.3	70349.162	0.88
29-Mar-93	15:45	68.6	67.4	67.9	1.32	1.24	1.40	78.70	74.62	88.02	67749.3	64049.255	0.89
29-Mar-93	16:00	68.5	67.3	67.8	1.31	1.26	1.46	76.64	76.23	89.94	67749.3	64574.240	0.89
29-Mar-93	16:15	68.1	66.8	67.4	1.27	1.27	1.42	75.22	76.69	87.32	67224.3	63524.261	0.90
29-Mar-93	16:30	68.3	67.4	68.0	1.29	1.27	1.41	77.14	77.09	87.97	67749.3	64049.255	0.90
29-Mar-93	16:45	68.2	68.0	68.5	0.64	0.60	0.72	40.51	36.24	47.46	29924.7	31409.634	0.98
29-Mar-93	17:00	69.8	68.5	69.1	0.55	0.52	0.68	35.77	34.01	44.39	26774.7	27824.677	0.97
29-Mar-93	17:15	70.1	68.7	69.4	0.34	0.34	0.43	15.92	15.22	20.09	13124.8	17849.792	0.61
29-Mar-93	17:30	70.4	69.0	69.7	0.21	0.23	0.31	9.27	11.19	17.43	8924.9	11024.872	0.79
29-Mar-93	17:45	70.7	69.3	70.0	0.21	0.23	0.28	7.61	8.72	14.50	6824.8	10409.678	0.68

29-Mar-03	18:00	70.0	68.6	69.2	0.97	0.92	1.05	60.21	57.39	67.21	44099.8	47774.445	0.89
29-Mar-03	18:15	69.8	68.1	68.7	0.99	0.92	1.07	62.02	57.94	65.49	46148.8	46290.436	0.86
29-Mar-03	18:30	69.4	67.5	68.1	1.39	1.27	1.47	64.70	77.14	92.76	60899.3	69374.225	0.91
29-Mar-03	18:45	69.4	67.4	67.8	1.58	1.34	1.69	63.56	79.31	105.00	66149.2	74549.133	0.89
29-Mar-03	19:00	69.5	67.5	67.8	1.70	1.43	1.86	101.53	85.00	114.83	71924.2	81374.054	0.89
29-Mar-03	19:15	69.4	67.4	67.7	1.78	1.49	1.93	105.66	88.02	118.71	74548.1	84524.017	0.88
29-Mar-03	19:30	69.7	67.8	69.0	1.74	1.47	1.89	103.34	86.41	116.14	72974.2	82049.036	0.88
29-Mar-03	19:45	69.9	67.9	68.2	1.74	1.47	1.89	103.44	86.96	116.54	73499.1	83474.030	0.88
29-Mar-03	20:00	69.7	67.9	68.1	1.81	1.53	1.96	107.77	90.54	120.97	76124.1	86623.933	0.88
29-Mar-03	20:15	69.5	67.8	68.0	1.69	1.41	1.83	99.71	83.54	112.46	70349.2	80324.006	0.88
29-Mar-03	20:30	69.9	68.1	68.3	1.65	1.39	1.81	98.70	82.93	111.70	69224.2	79274.078	0.88
29-Mar-03	20:45	70.1	68.3	68.5	1.70	1.43	1.86	101.83	85.55	114.83	71924.2	81699.049	0.88
29-Mar-03	21:00	70.1	68.3	68.5	1.81	1.53	1.97	108.26	91.30	121.83	76649.1	87149.987	0.88
29-Mar-03	21:15	70.1	68.3	68.6	1.74	1.47	1.90	103.64	87.62	117.40	73499.1	83999.023	0.88
29-Mar-03	21:30	70.4	68.6	68.9	1.81	1.54	1.98	107.97	91.00	122.23	76649.1	87673.981	0.87
29-Mar-03	21:45	70.7	68.9	69.2	1.69	1.44	1.88	101.17	86.46	116.24	72449.2	82949.036	0.87
29-Mar-03	22:00	70.6	68.9	69.3	1.78	1.52	1.96	105.91	90.84	121.12	76124.1	87149.987	0.87
29-Mar-03	22:15	71.3	69.6	69.9	1.76	1.51	1.95	105.61	91.20	121.23	76124.1	87673.981	0.87
29-Mar-03	22:30	71.3	69.6	69.9	1.81	1.55	1.99	107.67	93.01	123.14	77174.1	89773.956	0.86
29-Mar-03	22:45	71.4	69.7	70.0	1.72	1.48	1.91	103.09	88.98	118.56	74024.1	86574.005	0.88
29-Mar-03	23:00	71.6	70.0	70.3	1.78	1.55	2.00	109.29	95.58	125.56	78749.1	89773.956	0.88
29-Mar-03	23:15	71.7	70.1	70.5	1.73	1.51	1.95	106.66	93.51	122.09	77174.1	87673.981	0.88
29-Mar-03	23:30	72.0	70.4	70.8	1.70	1.48	1.93	104.80	92.00	121.28	76124.1	86623.933	0.88
29-Mar-03	23:45	71.8	70.0	70.4	1.70	1.49	1.93	104.95	92.61	121.48	76124.1	86099.999	0.88
30-Mar-03	00:00	71.6	70.0	70.4	1.54	1.38	1.73	94.82	84.24	109.79	69774.2	77699.037	0.89
30-Mar-03	00:15	71.3	69.7	70.3	1.56	1.39	1.71	96.99	86.71	110.24	70349.2	78224.091	0.90
30-Mar-03	00:30	71.8	70.0	70.8	1.55	1.37	1.69	95.88	85.96	108.49	69299.2	77999.037	0.89
30-Mar-03	00:45	71.7	70.1	70.7	1.58	1.30	1.69	96.59	86.66	109.13	69224.2	78224.091	0.89
30-Mar-03	01:00	71.9	70.3	70.9	1.39	1.23	1.52	86.91	77.89	99.26	62999.3	69824.168	0.90
30-Mar-03	01:15	72.7	71.0	71.7	0.64	0.55	0.79	42.88	37.44	53.41	31499.8	33599.000	0.95
30-Mar-03	01:30	72.5	70.9	71.5	0.68	0.57	0.83	45.04	38.34	55.93	33074.6	35174.591	0.94
30-Mar-03	01:45	72.6	71.0	71.6	0.57	0.48	0.70	38.29	32.05	48.17	28349.7	29399.658	0.97
30-Mar-03	02:00	72.6	71.0	71.7	0.52	0.44	0.60	35.17	30.74	42.98	26724.7	25724.701	0.99
30-Mar-03	02:15	72.8	71.3	72.0	0.45	0.37	0.54	30.74	26.10	36.85	22574.7	22574.738	0.99
30-Mar-03	02:30	72.8	71.2	71.9	0.47	0.39	0.56	32.10	27.58	40.11	23624.7	23624.725	1.00
30-Mar-03	02:45	72.8	71.3	72.0	0.48	0.38	0.54	31.19	26.65	39.05	23999.7	22574.738	0.99
30-Mar-03	03:00	72.8	71.3	72.0	0.47	0.39	0.56	32.10	27.71	39.96	23624.7	23624.725	1.00
30-Mar-03	03:15	72.7	71.2	71.9	0.48	0.40	0.56	32.20	27.68	39.96	23624.7	23624.725	0.99
30-Mar-03	03:30	72.9	71.4	72.1	0.39	0.36	0.46	25.95	23.18	30.53	18999.8	19424.774	0.96
30-Mar-03	03:45	72.9	71.4	72.1	0.31	0.29	0.38	20.51	18.39	24.24	14699.8	15749.817	0.93
30-Mar-03	04:00	73.0	71.5	72.2	0.30	0.29	0.37	18.93	14.46	20.98	12074.9	15749.817	0.78
30-Mar-03	04:15	73.0	71.5	72.2	0.30	0.28	0.37	18.63	14.00	20.51	12074.9	15749.817	0.77
30-Mar-03	04:30	73.1	71.6	72.3	0.30	0.29	0.38	18.98	14.16	20.98	12074.9	15749.817	0.78
30-Mar-03	04:45	72.9	71.4	72.0	0.30	0.29	0.37	18.63	14.11	20.56	12074.9	15749.817	0.78
30-Mar-03	05:00	73.0	71.5	72.1	0.28	0.27	0.28	5.49	10.48	11.79	6299.9	13649.841	0.48
30-Mar-03	05:15	73.0	71.7	72.2	0.27	0.26	0.24	-3.93	6.30	5.24	1878.0	12599.854	0.14
30-Mar-03	05:30	73.0	71.7	72.2	0.27	0.27	0.25	-2.47	5.59	5.74	1878.0	12599.854	0.16
30-Mar-03	05:45	73.1	71.9	72.4	0.25	0.27	0.24	1.51	2.37	7.00	2100.0	12599.854	0.21
30-Mar-03	06:00	72.8	71.6	72.1	0.25	0.26	0.28	-0.45	-2.52	-3.28	-1878.0	12599.854	-0.12

30-Mar-03	06:15	72.4	71.2	71.7	0.23	0.25	0.27	4.54	4.08	5.29	3150.0	12074.860	0.28
30-Mar-03	06:30	72.0	70.9	71.4	0.20	0.22	0.26	6.00	7.96	12.75	6289.9	9974.884	0.82
30-Mar-03	06:45	71.8	70.8	71.2	0.19	0.22	0.25	6.45	7.81	12.55	6289.9	9974.884	0.83
30-Mar-03	07:00	71.4	70.5	70.8	0.20	0.22	0.26	7.66	9.17	13.00	6824.9	9974.884	0.70
30-Mar-03	07:15	70.9	69.9	70.3	0.19	0.21	0.25	7.05	8.26	13.00	6299.9	9974.884	0.87
30-Mar-03	07:30	70.3	69.3	69.7	0.22	0.23	0.25	0.66	-0.96	7.36	1676.0	11024.872	0.16
30-Mar-03	07:45	70.2	69.3	69.6	0.22	0.24	0.26	9.27	9.72	14.96	7874.9	11024.872	0.68
30-Mar-03	08:00	69.6	68.6	69.0	0.22	0.24	0.26	6.80	10.26	14.88	7349.9	11549.860	0.80
30-Mar-03	08:15	68.9	67.9	68.3	0.57	0.58	0.66	34.92	36.03	42.12	26774.7	28674.604	0.87
30-Mar-03	08:30	68.5	67.5	67.9	0.57	0.54	0.68	35.52	34.72	44.19	27289.7	28349.670	0.97
30-Mar-03	08:45	68.2	67.2	67.8	0.87	0.81	0.99	50.84	48.43	00.31	38324.6	41999.512	0.92
30-Mar-03	09:00	68.5	67.5	67.9	0.57	0.54	0.69	35.27	34.51	44.44	26774.7	28349.670	0.97
30-Mar-03	09:15	68.4	67.4	67.8	0.71	0.73	0.84	43.69	46.91	53.51	34124.8	36224.579	0.96
30-Mar-03	09:30	68.1	67.1	67.5	0.78	0.75	0.86	46.40	46.56	54.01	34849.6	37759.561	0.94
30-Mar-03	09:45	67.9	66.8	67.3	0.96	0.99	1.11	57.89	61.57	68.67	44824.6	48824.432	0.84
30-Mar-03	10:00	84.9	83.5	84.1	0.43	0.40	0.47	11.99	16.43	18.49	11024.9	11024.872	0.39

Figura V.4 GRAFICA DE LA VARIACION DE LA CARGA
 TRANSFORMADOR
 PERFIL DE DEMANDA

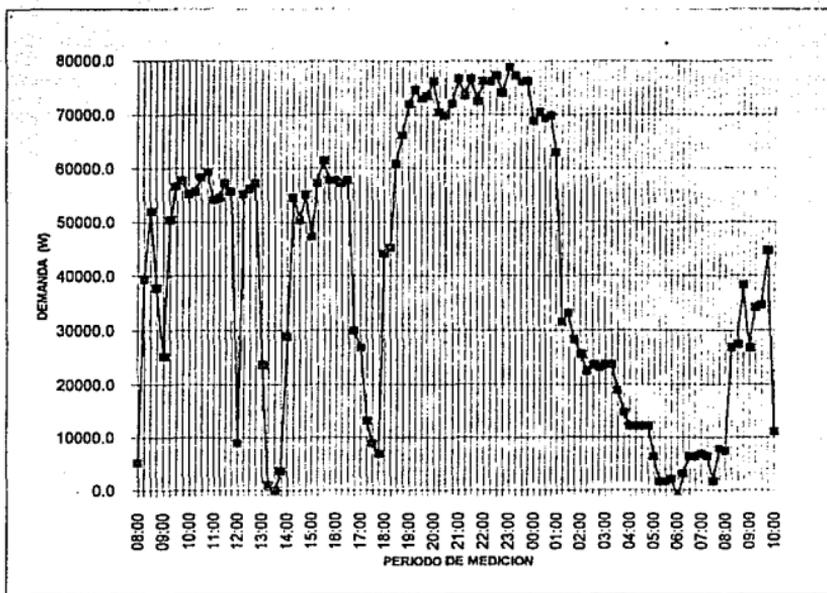


Figura V.5 GRAFICA DE LA VARIACION DE LA CARGA
 COMPRESOR DE AIRE N° 1
 PERFIL DE DEMANDA

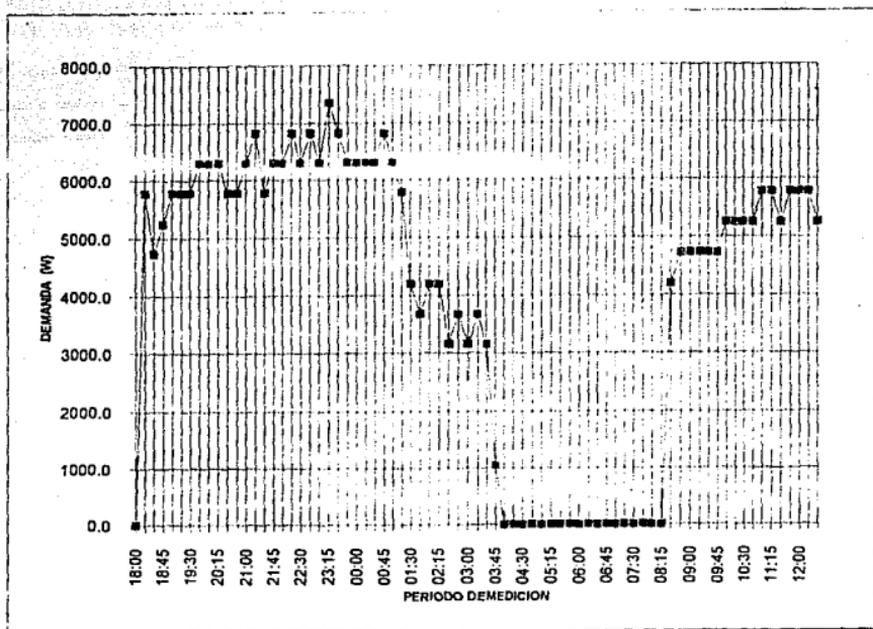


Figura V.6 GRAFICA DE LA VARIACION DE LA CARGA
 COMPRESOR DE AIRE N° 2
 PERFIL DE DEMANDA

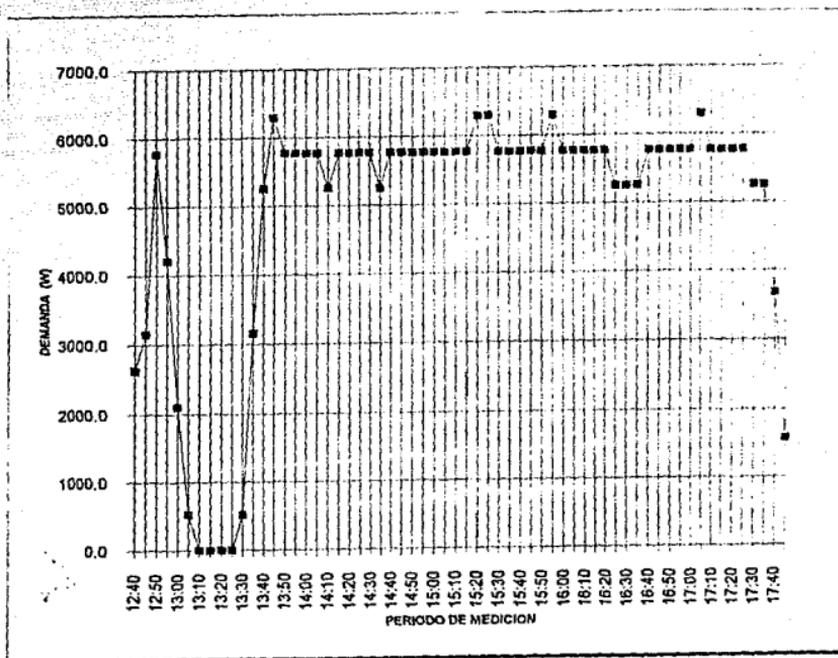


Figura V.7 GRAPICA DE LA VARIACION DE LA CARGA
MOLINO DE DESPERDICIO
PERFIL DE DEMANDA

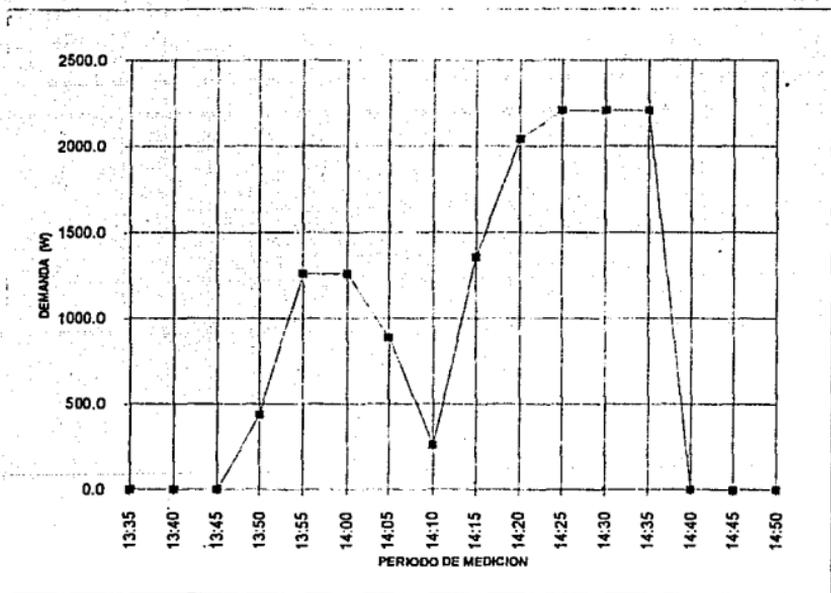


Figura V.8 GRAFICA DE LA VARIACION DE LA CARGA
PRENSA KOHLER
PERFIL DE DEMANADA

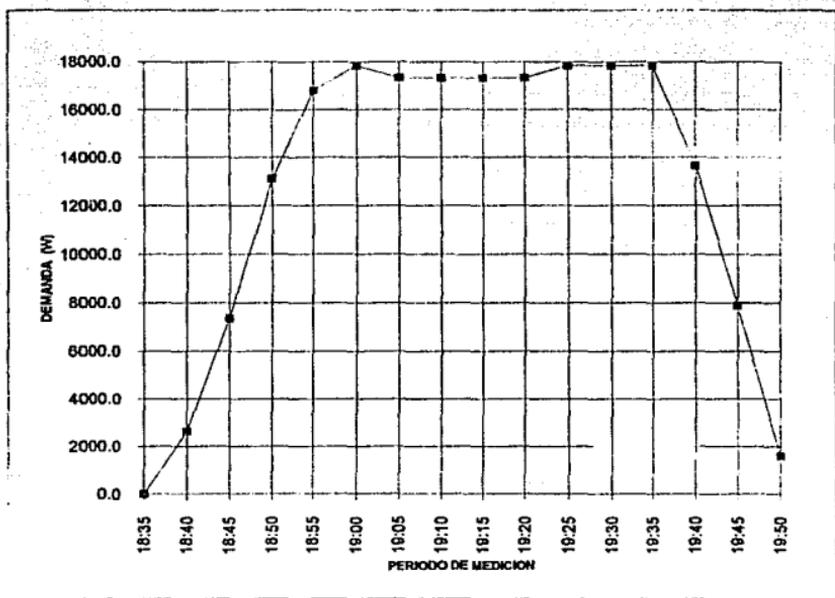


Tabla V.4 MEDICIONES ELECTRICAS A MOTORES

IDENTIFICACION	EQUIPO	TIPO			DATOS DE PLACA			DATOS DE OPERACION		HORAS DE
		DE	MARCA	hp	TENSION	CORRIENTE	rpm	TENSION	CORRIENTE	USO
		ACOPLAMIENTO						P. CARGA		India
MP3	Compresor	Bandas	Marathon	30	230/460	83.2/41	3545	228	73	10
MP4	Aplador preexpansor	Bandas		10	220/440	15.5/31	1120	230	20	20
MP5	Bomba vacio kohler	Bandas	Marathon	15	230/460	38.6/19.3	1740	230	14	20
MP6	Bomba neumatica	Bandas	Reliance	10	230/460	27/13.5	1160	230	14	20

Tabla V.5

CENSO DE ILUMINACION Y MEDICION

AREA	No. DE LUMINARIOS	TIPO	POTENCIA UNITARIA (W/LUM)	POTENCIA TOTAL (W)	INTENSIDAD MEDIDA (LUXES)	INTENSIDAD RECOMENDADA (LUXES)
Nave	80	Fluorescente	75	6.000	70	60
T. Mecánico	4	Fluorescente	75	300	245	300
Compresores	6	Fluorescente	75	450	160	100
Baños	4	Fluorescente	75	300	75	60
Almacen	2	V. Sodio A.P.	250	500	47	300
Calderas	12	Fluorescente	75	900	170	50
TOTAL	106	Fluorescente		7.950		
	2	V. Sodio A.P.		500		

5. ANALISIS ENERGETICO DE LOS SISTEMAS

5.1 Proceso

En el proceso llevado a cabo en la planta, se involucran consumos térmicos y eléctricos. Con base al estudio realizado se puede concluir que en esta parte se tienen derroches evidentes de energía como es el caso de las fugas de fluidos que se presentan en la bloquera de poliestireno, no se utiliza el poder calorífico del combustible de manera adecuada, y se tienen ciertos problemas por la diferencia en calidad de las materias primas compradas.

5.2 Transformadores

De acuerdo a las mediciones realizadas, se concluye lo siguiente:

TRANSF	CAPACIDAD NOMINAL (KVA)	F.P %	POTENCIA INSTALADA (KW)	DEMANDA MAXIMA (KW)	% USO
T-1	150	0.83	248.7	78.7	62.6

- Durante el periodo de monitoreo al transformador, se trabajó con un bajo factor de potencia.
- El porcentaje de utilización del mismo resultó de 62.6%, lo que origina un abatimiento del factor de potencia mencionado.

5.3 Control de la demanda eléctrica

Con base al comportamiento eléctrico mostrado en los dos últimos meses del año en curso, se está operando con una demanda máxima registrada de 76.5 kW, con un factor de carga del 27.82 %, determinado de la forma siguiente:

$$FC = 15,000 \text{ kWh} / (726 \text{ HRS} \times 76.5 \text{ kW}) = 0.27$$

De acuerdo a las horas de operación de la planta, (360) el factor de carga máximo obtenible es de 0.5446 evaluado con la expresión anterior, si consideramos que de este factor solo el 80 % es alcanzable, el factor de carga propuesto será de 0.4, con este nuevo factor, se evalúa la nueva demanda de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} D_{\text{máx prop}} &= (FC_{\text{actual}}/FC_{\text{prop}})D_{\text{actual}} \\ D_{\text{máx prop}} &= (0.2782/0.4)76.5 = 53.2 \text{ kW} \\ \text{Ahorro en demanda} &= \text{Demanda actual} - \text{Demanda propuesta} \\ \text{Ahorro en demanda} &= 76.5 - 53.2 = 23.3 \text{ kW} \\ \text{Ahorro económico} &= 23.3 \text{ kW} \times \text{N\$ } 24.24/\text{kW} = \text{N\$ } 564.79 \end{aligned}$$

5.4 Motores

En el caso de la bomba de vacío, se encuentra operando a un 36 % de su carga nominal, la bomba neumática a un 51 %, lo anterior significa que dichos motores se encontraron trabajando a baja carga y se puede pensar en un sobredimensionamiento de los mismos. Con la realización continua y periódica de mediciones a distintos regímenes de trabajo de la planta se podría confirmar lo anterior, y conviene considerar la posibilidad de pensar en instalar motores a la medida de acuerdo al trabajo que desarrollan.

5.5 Aire comprimido

El aire comprimido es usado en diferentes equipos: Bloquera, prensas, tanque hidroneumático y servicios. Normalmente se operan los compresores de tornillo en forma rodada; actualmente el compresor tres se encuentra fuera de servicio por rehabilitación; los equipos uno y dos están prácticamente nuevos. Las fugas detectadas en el sistema de distribución y equipos se calculó que ascienden a 0.85 m³/min de aire perdido (1,344 kWh y 3.5 kW de demanda base). Para estimar este valor se realizó una inspección y levantamiento de toda la línea de distribución del aire comprimido. Posteriormente, tomando en cuenta las dimensiones de cada fuga, se hizo uso de nomogramas y metodologías de cálculo de manuales de aire comprimido para sacar la totalidad del aire fugado, y su equivalente en energía. La corrección de estas implican para la planta lograr ahorros equivalentes a 276.84 N\$/mes que representan cerca del 5.9 % de la factura eléctrica mensual. La acción correctiva será el reparar estas fugas con inversión prácticamente nula. A continuación se ejemplifica el cálculo del sistema:

Compresor: Ingersoll Rand

Motor: 30 hp

Horas de operación: 96 hr/semana

Ps = 1.033 kg/cm²

Pd = 7.94 kg/cm²

Ts = 30 °C

Td = 78 °C

Pérdidas de aire detectadas:

850 lt/min en bloquera de poliestireno

1.- Flujo másico = 0.85 lt/min x 1.237 kg/m³ x 2.2 lb/kg = 2.313 lb/min

2.- Trabajo molar = $W = \frac{(k/k-1)RT_1((P_d/P_s)^{k-1/k} - 1)}$
Trabajo molar = (1.4/.4)53.3 x 546 * R ((8.94/2.033)^{0.4/1.4} - 1) = 53.654 lbpie/lb

3.- Potencia teórica = 53.654 x 2.313/33,000 = 3.76 hp

4.- Potencia al freno = hp/efic = 3.76/.8 = 4.7 hp = 3.5 kW

5.- Ahorro en consumo = 3.5 kw x 96 hr/sem x 4 sem/mes = 1,344 kWh/mes

6.- Ahorro en demanda = 3.5 kW

7.- Ahorro económico = 1,344 kWh/mes x N\$ 0.14244 = 192 N\$/mes
(por consumo)
= 3.5 kW/mes x N\$ 24.24/kW = 84.84 N\$/mes
(por demanda)

5.6 Sistema de iluminación

La capacidad eléctrica por iluminación asciende a 8.45 kW con luminarias predominantes del tipo fluorescente. Los niveles medidos se encuentran por encima de los recomendados por la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación. En la Sección 7 de este reporte se presenta el análisis para la sustitución de lámparas actuales por alta eficiencia. Para un régimen de operación de 12 hrs/día se pueden obtener ahorros equivalentes al 2.6% de la factura eléctrica mensual. La sustitución mencionada solo contempla el cambio de tubos usando los balastos existentes con un costo total de esta sustitución de N\$ 1,335.00; se resumen los cálculos realizados para esta alternativa:

N° Lámparas instaladas = 106
Potencia = 75 Watts
Lámparas propuestas = 106
Potencia = 60 Watts
Ahorro por lámpara = 75 - 60 = 15 Watts
Ahorro total = 15 Watts x 106 pzas = 1.59 kW
Considerando 12 hrs / día de uso:
1.59 kW x 12 hr/día = 19.08 kWh/día x 30 días/mes = 572.4 kWh /mes
Ahorro en consumo = 572.4 kWh/mes
Ahorro en demanda = 1.59 kW
Ahorro económico = 572.4 x 0.14244 = 81.53 N\$/mes
= 1.59 x 24.24 = 38.54 N\$/mes
Ahorro total = N\$ 120.07
Inversión = N\$ 12.6 x 106 = N\$ 1,335.6
P.recup = Inv/ahorros = 1,335.6/120.07 = 11.12 meses
Vida aproximada de las lámparas = 12,000 hrs
Duración = 12,000 hrs/12 hr/día = 1,000/30 = 33 meses

5.7 Sistema térmico

a) Calderas

Se calculó la capacidad real de generación de vapor y equivale a 1,442 kg/hr, consumiendo 14,825 lts mensuales de diesel. Se realizó el balance térmico encontrando que actualmente se genera con una eficiencia del 72 %. Bajo estas condiciones, el costo de generación del vapor es de 0.0132 N\$/kg, los ahorros factibles de energía consisten en eliminar las fugas de vapor existentes y que se presentan en la envolvente de la bloquera. De acuerdo a las estimaciones y cálculos realizados se pierden actualmente 71.4 kg/hr de vapor que equivalen a N\$359/mes correspondiendo un consumo de 720 lts de diesel. El eliminar este derroche de energía representa un ahorro de 4.85 % con respecto a la factura de diesel mensual.

Las calderas no cuentan con puntos de muestreo en chimeneas para monitorear la eficiencia de la combustión; no se mide el diesel ni el agua consumida en estos equipos; no se lleva bitácora de operación.

b) Aislamientos

Se detectaron líneas de distribución de vapor que se encuentran desnudas, esto originan pérdidas de energía hacia el medio ambiente; las líneas detectadas fueron: cabezales de vapor, válvulas, filtros, tuberías de suministro a la bloquera, acumuladores de vapor, líneas a expansores etc...

El ahorro total por aislamientos en tuberías asciende a N\$ 1,520/año, con una inversión de N\$ 1,466.54, el periodo de recuperación se estima en 0.96 años representando el 1.71 % de ahorro con respecto a la factura. Estas inversiones consideraron como aislamiento medias cañas de fibra de vidrio de 1 pulg de espesor. Existen además dos acumuladores de vapor que se encuentran con deficiencias en su recubrimiento por lo que ocasionan formación excesiva de condensados causando purgas excesivas de agua formada. El aislar correctamente estos recipientes con colcha pespunteada de 6 libras de densidad con 2 pulgs de espesor genera una inversión de N\$ 817 con un tiempo de recuperación de 0.54 años; con lo anterior se estima un ahorro de 124.8 N\$/mes.

6. SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AGUA

La planta cuenta con una bomba de pozo profundo de 3 hp, mediante esta se extrae agua que se almacena en una cisterna. La bomba opera de acuerdo a electroneveles. De la cisterna de almacenamiento se envía a un tanque hidroneumático que alimenta a la sección de calderas mediante las bombas respectivas y a la sección de proceso de la planta. El rechazo se almacena en una cisterna adicional para alimentar a la torre de enfriamiento y recircularla de nuevo a la planta.

Se pudo observar que la torre de enfriamiento existente carece de relleno, lo cual no es recomendable debido a que se tiene una transferencia de calor inadecuada. También el sistema de distribución de agua a la misma es factible de mejorarse, ya que actualmente el agua se alimenta en forma de chorro, debiendo existir un sistema de aspersión por espresas para efectuar la transferencia de calor y de masa lo más eficientemente posible.

Se sugiere el atender estas recomendaciones para optimizar el sistema actual de enfriamiento. Una vez realizado lo anterior, se recomienda efectuar la prueba que consiste en sacar de operación el ventilador de tiro forzado de la torre, y que el enfriamiento se realice únicamente con la propia caída de agua, con lo cual se obtendría un ahorro del 2.5% mensual con respecto a la factura. Por lo que respecta al sistema de distribución de agua se recomienda instalar medidores, ya que no se cuenta con ellos.

7. MEDIDAS DE AHORRO

Se adjuntan las propuestas eléctricas y térmicas sugeridas con base al estudio realizado. En estas se plantean las acciones a seguir, se resumen los ahorros factibles de obtener y en su caso se especifican las inversiones a realizar.

PROPUESTA ELECTRICA

PROPUESTA :

POD-01

AREA O SISTEMA:

ELECTRICO

EQUIPO:

PLANTA

SITUACION ACTUAL:

Esta planta opera actualmente con una demanda máxima de 76.5 kW con un factor de carga de 27.82 %, y con factura promedio mensual de N\$ 4.029.00.

MEDIDA A APLICAR:

Implementar un programa de ejecución y control manual de demanda eléctrica para incrementar el factor de carga actual hasta 40 %, con lo cual se abatirá la facturación eléctrica mensual.

BENEFICIOS ESPERADOS:

AHORRO			INVERSION	
CONCEPTO	CANTIDAD N\$/MES	%	EQUIPO N\$	MANO DE OBRA N\$
DEMANDA	565.00	12.2	nula	nula
CONSUMO				
TOTAL	565.00	12.2	TOTAL	

TIEMPO DE RECUPERACION

inmediato

PROPUESTA ELECTRICA

PROPUESTA :

POC-01

AREA O SISTEMA:

AIRE
COMPRIMIDO

EQUIPO:

BLOQUERA DE
POLIESTIRENO

SITUACION ACTUAL:

En el sistema de conexiones de aire dirigidas a la bloquera de poliestireno se detectaron una serie de fugas, las cuales ocasionan pérdidas de 0.85 m³/min. Lo anterior trae como consecuencia a que el sistema esté trabajando ineficientemente y consuma una cantidad de energía eléctrica innecesaria.

MEDIDA A APLICAR:

Corregir las fugas detectadas en conexiones y prohibir el uso de aire comprimido para limpieza y sopleteo.

BENEFICIOS ESPERADOS:

AHORRO			INVERSION	
CONCEPTO	CANTIDAD N\$/MES	%	EQUIPO N\$	MANO DE OBRA N\$
DEMANDA	84.84	1.83	nula	manto. de planta
CONSUMO	192	4.07		
TOTAL	276.84	5.9	TOTAL	nula

TIEMPO DE RECUPERACION.

inmediato

ANALISIS DE COSTOS PARA EL REEMPLAZO DE LAMPARAS DE 75 WATTS
FLUORESCENTES POR LAMPARAS DE 60 WATTS DE ALTA EFICIENCIA

CANTIDAD DE LAMPARAS

106

CONCEPTO	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO (HORAS).					
	4	8	12	16	20	24
AHORROS						
KWH	190.8	381.6	572.4	763.2	954	1145
CARGO POR ENERGIA (N\$)	27.17	54.35	81.53	108.71	135.88	163.09
CARGOS POR DEMANDA (N\$)	38.54	38.54	38.54	38.54	38.54	38.54
AHORRO TOTAL POR ENERGIA Y DEMANDA (N\$)	65.71	92.89	120.07	147.25	174.42	201.63
RECUPERACION DE LA INVERSION.(MESES)	20.32	14.37	11.12	9.067	7.65	6.62
DURACION DE LAS LAMPARAS (MESES)	100	50	33	25	20	16.6
% AHORRO CON RESPECTO A LA FACTURA	1.41	2	2.6	3.18	3.76	4.35

PROPUESTA TERMICA

PROPUESTA :

PT-1

AREA O SISTEMA:

DISTRIBUCION
DE
VAPOR

EQUIPO:

RED DE
TUBERIAS Y
ACUMULADORES
DE VAPOR

SITUACION ACTUAL:

Existen tramos de tubería de manejo de vapor que carecen de aislamiento y recubrimiento de acumuladores en malas condiciones, esto origina pérdidas de calor por convección, radiación y formación de condensados.

MEDIDA A APLICAR:

- Aislar tuberías adecuadamente con medias cañas de fibra de vidrio de 1 plg. de espesor.
- Aislar los tanques acumuladores con colchas de fibra de vidrio de 6 lbs de densidad y 2 plg de espesor.

BENEFICIOS ESPERADOS:

AHORRO			INVERSION	
CONCEPTO	CANTIDAD Lts/MES	%	EQUIPO N\$	MANO DE OBRA N\$
CONSUMO	504	3,4	2,284.00	manto.
FACT. (N\$/MES)	252.00	3,4	TOTAL	2,284.00

TIEMPO DE RECUPERACION

0.76 AÑOS

PROPUESTA TERMICA

PROPUESTA :

PT-2

AREA O SISTEMA:

DISTRIBUCION
DE
VAPOR

EQUIPO:

BLOQUERA
DE
POLIESTIRENO

SITUACION ACTUAL:

Se tienen fugas excesivas de vapor en los moldes y envolvente de la bloquera de poliestireno.

MEDIDA A APLICAR:

Implementar un programa de mantenimiento con el fin de reparar las fugas existentes en el equipo.

BENEFICIOS ESPERADOS:

AHORRO			INVERSION	
CONCEPTO	CANTIDAD Lts/MES	%	EQUIPO N\$	MANO DE OBRA N\$
CONSUMO	720	4.85		manto.
FACT. (N\$/MES)	360.00	4.85	TOTAL	mínima

TIEMPO DE RECUPERACION

inmediata

CONCLUSIONES

La administración de la energía no es un tema completamente nuevo en nuestro país, sin embargo es sólo desde hace pocos años que se ha venido considerando con una importancia creciente debido al peso que los energéticos están teniendo cada vez más en los costos de producción. En nuestro país los cambios ocurridos en un breve lapso de tiempo sobre los costos de los energéticos por la eliminación de los subsidios obligó a las empresas a considerar un mejor cuidado de los recursos energéticos directos como los combustibles y electricidad, y derivados como el vapor y el aire comprimido. Existen muchas posibilidades de un mejor uso de los recursos energéticos por la industria en nuestro país si se compara con el mismo uso que se da en empresas similares de países desarrollados, los cuales ya han tenido mayor experiencia y necesidad de hacer un uso eficiente de los energéticos. Un buen indicador que ha comprobado ésta última afirmación son la comparación entre los índices energéticos promedios nacionales de las industrias similares de nuestro país con la de países más desarrollados. Todo este avance en el mejoramiento del uso de los energéticos no se limita a la modificación de algunas costumbres que antes producían pérdidas por fugas o despilfarrs, sino que cada vez más se tiene que hacer uso de metodologías completas que van desde análisis de los flujos de los energéticos desde su llegada a la planta, hasta su aplicación en el proceso. Se tiene que hacer uso cada vez más de nuevas técnicas y conocimientos que hagan posible este mejoramiento del uso de los energéticos; ésta nueva tecnología, mientras más compleja se haga, logrará también mejores resultados, pero se va haciendo también más costosa. Por esta razón, el proceso de implementación de nuevas técnicas de eficiencia de la energía es un proceso gradual pero necesario. Parte de esta tecnología la constituye la ingeniería especializada en el campo la energía y su utilización. La administración de la energía hace uso de técnicas similares hacia otros campos de aplicación de la ingeniería como los pertenecientes a conceptos de planeación, control y gestión, o ingeniería económica, pero enfocados al uso racional de los energéticos y sus derivados. También se integran otros conocimientos de ingeniería como lo es por ejemplo en termodinámica o en electrónica y control, haciendo la administración de energía multidisciplinaria. En realidad, aunque relativamente reciente, la aplicación de la administración de la energía en las industrias es sólo parte de una modificación tecnológica más amplia en la que se involucran necesariamente las empresas como un proceso de modernización y en búsqueda del concepto de calidad total, el cual puede ser resumido como el proceso de mejorar todo lo que pueda ser mejorable en una empresa, para lograr finalmente mayor competitividad.

Como parte de las técnicas de las que se hace uso la administración de la energía para sus fines están los diagnósticos energéticos, los cuales como se describieron en el capítulo III, pueden ser de distinto nivel, dependiendo del grado de complejidad, detalle y resultados que se quiera obtener con ellos. En realidad,

un diagnóstico es una metodología que puede adecuarse a los requerimientos específicos que se persigan con su aplicación. Así por ejemplo, se ha presentado a manera de ilustración en el capítulo V un reporte condensado de un diagnóstico energético realizado a una microindustria. Los objetivos y alcances para este diagnóstico fueron determinados por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, FIDE. El FIDE en especial enfoca su interés en las áreas del proceso de las industrias donde se aplica la energía eléctrica, por esta razón la metodología del diagnóstico se adecuó para dar prioridad a los análisis de la forma de utilización de la electricidad. Un diagnóstico de este tipo no deja de ser global por lo que también se analizaron otras áreas de recursos como las calderas y el sistema de agua. Sin embargo la mayor cantidad de mediciones y análisis fueron realizadas en el sistema y consumidores de electricidad.

Como parte de la revolución en el uso de la energía que se ha estado dando en nuestro país desde que se ha empezado a entrar de lleno en el proceso de globalización mundial, es la necesidad de implementar sistemas de cogeneración en las industrias. De nuevo al hacer un comparativo con países más industrializados donde la cogeneración es una realidad consumada, se observan grandes posibilidades de implementar estos sistemas en un gran número de plantas fabriles en el país. La cogeneración, como se explicó en el capítulo I, ofrece grandes beneficios tanto a nivel de cada empresa como a nivel nacional, sin embargo, como se ha encontrado en algunos estudios de factibilidad económica, existen algunas limitantes que reducen el atractivo de su implementación, entre estas limitantes están los elevados costos de los equipos de generación de energía. Otras limitantes que se han observado ha sido las dificultades de encontrar un mejor apoyo para considerar la venta de excedentes generados de energía eléctrica a la red de Comisión Nacional de Electricidad, lo cual hace menos atractivo el instalar plantas de cogeneración grandes en las industrias aunque la eficiencia global pueda ser mayor, y el costo por kW instalado sea menor que en plantas de cogeneración de menores dimensiones.

Conocimientos de ingeniería energética, como los que abarcan la administración energética o los de cogeneración se obtienen a partir de una actualización constante en estos campos. Debe entonces de aprovecharse todas las fuentes posibles información y actualización de estos temas para evitar caer en la obsolescencia de tecnología y encontrar continuamente mejores medios que nos permitan aumentar la eficiencia del uso de los energéticos. A propósito de ello como colofón podría recordarse las dos definiciones que se dan usualmente a la Ingeniería: "la Ingeniería es la ciencia y la técnica aplicada para transformar los recursos en beneficio de la sociedad"; sin embargo otra definición con otro enfoque dice que: "la Ingeniería es una disciplina", porque no es un conocimiento que se establece de una manera única y para siempre, sino que, como la tecnología misma, es un conocimiento que se va renovando siempre y continuamente, buscando las respuestas

que antes no se habían encontrado, buscando siempre la superación en calidad de la técnica y aplicación de la ciencia cuando esta avanza.