



TESIS EN OPCION AL GRADO ACADEMICO DE MASTER EN EFICIENCIA ENERGETICA

TITULO: “Elementos Básicos de un Sistema de Monitoreo y Control Energético para la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos”

Autor: Ing. Carlos Sotolongo Torres

Tutoras: MSc. Lianys Ortega Viera

MSc. Milagros Montesino Pérez

Cienfuegos 2010

Dedicatoria

A mi hija Claudia, inspiradora de todos mis esfuerzos.

A mi esposa Luisa por su apoyo incondicional.

A mis padres Eugenio y Blanca por su ejemplo de perseverancia.

Agradecimientos

A las personas que me invitaron a participar en la maestría y confiaron en mí, a mi familia que ha sido consecuente por todo el tiempo dedicado al estudio, a mis compañeros y al colectivo de profesores del Centro de Estudios de la Energía y Medio Ambiente de la Universidad de Cienfuegos, que han sido un apoyo insustituible y han atendido en todo momento mis dudas, a la Revolución, que ha hecho posible se alcancen los sueños de superación de todos.

Resumen

El presente trabajo consiste en primer lugar en exponer una amplia información sobre el flujo tecnológico y la situación energética actual en la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos” y una valoración sobre el estado de la concientización, motivación, capacitación, gestión tecnológica e impacto ambiental con respecto a la Eficiencia Energética.

En segundo lugar se expone el comportamiento de los Sistemas de Tratamiento de Efluentes relativo al consumo de portadores energéticos y el nivel de producción alcanzado a través de gráficos especializados y el análisis de los resultados obtenidos.

El tercer aspecto muy importante fue la determinación de los índices de consumo físicos a partir de los resultados de los análisis anteriores y la elaboración de las Tablas para el registro y análisis de la información.

Al final se emiten las recomendaciones para obtener la validación sistemática de los indicadores de eficiencia obtenidos y la aplicación del Sistema de Monitoreo y Control Integral, diseñado para visualizar la información y monitorear el comportamiento energético de la Planta, para de esta manera lograr tomar decisiones encaminadas al uso eficiente de la energía, detectar oportunidades de ahorro, convertir datos históricos en información valiosa y tomar decisiones en base a costos reales.

Abstract

The present work consists in the first place on exposing a wide information on the technological flow and the current energy situation in the Plant of Waste Treatment of the Oil Refinery "Camilo Cienfuegos" and a valuation on the state of the understanding, motivation, training, technological administration and environmental impact with regard to the Energy Efficiency.

In second place the behavior of the Systems of Waste Treatment is exposed from relative to the consumption of energy payees and the production level reached through specialized graphics and the analysis of the obtained results.

The third very important aspect was the determination of the physical consumption indexes starting from the results of the previous analyses and the elaboration of the Charts for the registration and analysis of the obtained information.

At the end the recommendations are emitted to obtain the systematic validation of the obtained indicators of efficiency and the application of the System of Monitoring and Integral Control, designed to visualize the information and monitor the energy behavior of the Plant. This way to be able to make decisions guided to the efficient use of the energy, to detect saving opportunities, to transform historical data into valuable information and to make decisions based on real costs.

Índice

Introducción	1
Problema científico.....	2
Hipótesis.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	3
Capítulo I: Gestión energética. Administración de la energía	4
1.1. La situación energética actual.....	4
1.1.1. Panorama energético internacional.....	4
1.1.2. Panorama regional de América Latina y el Caribe.....	9
1.2. Estado actual de la economía y uso de la energía en Cuba.....	13
1.2.1. Desarrollo económico del país.....	13
1.2.2. La Revolución Energética en Cuba.....	13
1.3. La Administración de la energía. Particularidades de los Sistemas de Monitoreo y control de la Energía.....	15
1.3.1. Sistemas de Monitoreo y Control en las Plantas Industriales.....	15
Conclusiones parciales.....	21
Capítulo II: Gestión energética en la Refinería de Petróleo de Cienfuegos	22
2.1. Organización estructural de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos.....	22
2.2. Descripción general de la Planta de Tratamiento de Efluentes.....	24
2.2.1. Caracterización energética de la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería de Petróleo.	37
2.2.1.1. Gráfico de control del Consumo de electricidad. Año 2008.....	40
2.2.1.2. Gráfico de control del Consumo de electricidad. Año 2009.....	41
2.2.1.3. Consumo de electricidad y volumen de efluentes tratados. Año 2008.....	42
2.2.1.4. Diagrama de dispersión: Consumo de electricidad y volumen de efluentes	

tratados. Año 2008.....	43
2.2.1.5. Índice de electricidad y volumen de efluentes tratados. Año 2009.....	44
2.2.1.6. Energía y volumen de efluentes tratados. Año 2009.....	45
2.2.1.7. Diagrama de dispersión. Consumo de electricidad y volumen de efluentes	46
tratados. Año 2009.....	
2.2.1.8. Índice de consumo de electricidad en el 2009 con relación al año	
2008.....	47
2.2.1.9. Tendencia en el consumo de electricidad en el 2009 con relación al año	
2008.....	47
2.2.2. Monitoreo y Control actual en la Planta de Tratamiento de Efluentes.....	50
Conclusiones parciales.....	51
Capítulo III: Propuesta de los elementos básicos de un Sistema de Monitoreo y	
Control Energético para la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería de	
Petróleo.....	52
3.1 Diagnósticos o auditorías energéticas.....	51
3.2 Diagnóstico energético. Prueba de necesidad.....	53
3.3. Características básicas del Sistema de Monitoreo y Control Energético.....	54
3.3.1. Proceso de información.....	54
3.3.2. Proceso de control.....	57
3.3.3. Proceso de mejoramiento.....	57
3.4. Elementos básicos del SMCE para la Planta de Tratamiento de Residuales de la	
Refinería de Petróleo.....	57
3.4.1. Fase de información en el SMCE de la PTR.....	58
3.4.2. Fase de control en el SMCE de la PTR.....	59
3.4.2.1. Definición de los estándares.....	62
3.4.2.2. Comparación de los resultados con los estándares.....	63
Conclusiones parciales.....	65
Conclusiones.....	66

Recomendaciones	67
Bibliografía	68

Anexos

1. Anexo A: Datos correspondientes a los gráficos del capítulo II.
2. Anexo B: Tabla para el cálculo de los índices de consumo.
3. Anexo C: Modelo para el registro del consumo eléctrico.
4. Anexo D: Modelo para el registro del consumo de agua.

Introducción

Toda actividad entraña un desgaste de energía, así desde la tracción animal hasta la fisión nuclear, la historia de la energía se confunde con la historia de la humanidad, de lo que es en muchos aspectos, un hilo conductor a lo largo de los siglos, la historia de la energía ha estado determinada por la evolución del pensamiento científico, los tipos de energía disponibles, así como los modos de utilizarla han influido a veces directamente en la naturaleza misma de la sociedad. La energía ha sido siempre un factor primordial en la vida.

Las fuentes de energía por excelencia durante el siglo XX fueron la hulla y el petróleo por su alta concentración unitaria y ventajas, esta etapa hasta 1972 se caracterizó por sus bajos precios y permitió a los países hoy desarrollados, que eran económicamente más fuertes, conseguir altos niveles de desarrollo de la industria, en aras de tener menores costos de producción sobre la base de una economía de escala.

El pasado, que se manifestó desde 1973 hasta 1980, cuando para satisfacer las necesidades energéticas y su influencia en el mercado capitalista no quedó más remedio que pagar sus altos precios, considerados por los monopolios, tanto para la energía como para los productos terminados debido a la no disposición de energía barata.

El presente se manifiesta desde 1980 hasta la actualidad y se caracteriza por la elevación de la eficiencia energética y el ahorro total de la energía para lograr lo óptimo en los procesos productivos.

El futuro se considera en el siglo XXI y sin dudas consistirá en la aplicación masiva de nuevas formas de energía renovables y la amortización generalizada de los procesos consumidores y estará reafirmada por la tendencia actual para el desarrollo energético.

Esta tendencia actual del desarrollo energético hace necesario que los países reelaboren sus políticas energéticas y lleven a cabo un desarrollo energético sostenible o sustentable de acuerdo a las características de cada país. **[1]**

Cuba ha logrado, a pesar del bloqueo, extender la electrificación al 95 % del país y mantenerla, después de la caída del campo socialista, ha sido a un costo muy alto.

En Cuba, en el aspecto energético, un papel muy importante lo ha desarrollado el Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía aprobado por el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros en mayo de 1993 y aún vigente. [2]

Los tres puntos fundamentales de este programa son:

1. Aumento de la eficiencia energética
2. Uso del petróleo y del gas natural nacionales.
3. Aprovechamiento de las fuentes renovables de energía.

En resumen, hoy se trabaja más que nunca por la independencia energética como paso fundamental para lograr la independencia económica.

Problema científico:

La Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos” no dispone de un Sistema de Monitoreo y Control Energético que facilite la evaluación sistemática del comportamiento de la energía eléctrica, identificar las áreas o equipos de mayor consumo y tomar las medidas necesarias en el menor tiempo posible, con el propósito de elevar la eficiencia energética de la planta.

Hipótesis

Los Elementos Básicos de un Sistema de Monitoreo y Control Energético para la administración eficiente de la energía en la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos”, permitirá elevar la competitividad, la eficiencia real de la planta y reducir el impacto ambiental por el uso irracional de energía en las instalaciones.

Objetivo general:

Proponer los Elementos Básicos de un Sistema de Monitoreo y Control Energético, para la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos”, basado en la filosofía del mejoramiento continuo, que eleve la eficiencia energética, reduzca los consumos energéticos, el impacto ambiental y eleve la competitividad de las instalaciones.

Objetivos específicos:

1. Recopilar y procesar la información técnica existente en la empresa y en las bibliotecas especializadas sobre las características constructivas y energéticas de la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería de Cienfuegos.
2. Realizar la caracterización energética de la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería de Petróleo, según el consumo energético de los años 2008 y 2009.
3. Proponer los Elementos Básicos de un Sistema de Monitoreo y Control Energético para la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos”.

Capítulo I: Gestión energética. Administración de la energía.

1.1. La situación energética actual.

1.1.1. Panorama energético internacional

El sistema energético mundial. Comportamiento de las fuentes comerciales de energía.

Las fuentes de energía se dividen en renovables y no renovables. Las renovables (suministradas por el sol de forma directa e indirecta) fueron las que predominaron durante todo el período preindustrial (antes de la Revolución Industrial en Inglaterra) y bajo condiciones de uso sostenible están llamadas a desempeñar un papel fundamental en los sistemas energéticos futuros.

Las no renovables (como los combustibles fósiles: carbón mineral, petróleo y gas natural) irrumpieron con fuerza dominante al calor de la Revolución Industrial y todavía aportan la mayor parte de la energía comercial que se utiliza globalmente.

Entre las fuentes comerciales de energía, los combustibles fósiles mantienen su dominio en la composición del balance energético mundial, sobre todo el petróleo, a pesar del proceso de sustitución petrolera por otras fuentes de energía, que alcanzó su máxima expresión en el período de altos precios entre 1973 y 1985.

En la siguiente tabla aparece reflejado el comportamiento del balance de energía comercial en diferentes períodos según datos reportados. **[3]**

Tabla 1.1 Dinámica del balance de energía comercial a nivel mundial entre 1973-2004 (en % del Total).

Fuentes	1973	1985	2000	2004
Petróleo	48	39	39	37
Gas Natural	18	21	24	24
Carbón	28	29	24	27
Hidroelectricidad	5	6	7	6
Nuclear	1	5	6	6
Total	100	100	100	100

Como puede apreciarse durante el período de 1973-1985, caracterizado por los altos precios del petróleo:

- El consumo de petróleo en el balance mundial de energía se redujo de 48 % a 39 %, como resultado de la sustitución del petróleo por fuentes alternativas.
- El resto de las fuentes aumentaron su participación, pero las más dinámicas fueron la energía nuclear y el gas natural.

En el período 1985 – 2000, en el que predominaron precios relativamente estables y moderados:

- Se estancó la sustitución petrolera.
- El gas natural fue la fuente más dinámica.
- El carbón fue la fuente que más retrocedió.

El período de altos precios 2000 – 2004 se destaca:

- Un retroceso del petróleo, principalmente en el Tercer Mundo.
- Una recuperación del carbón, sobre todo en países subdesarrollados de Asia y particularmente en China.

En general los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural) representan el 88 % de la energía comercial que se consume en el mundo.

El petróleo sigue siendo el producto más comercializado a nivel internacional, tanto en términos de volumen (cantidad física), como en términos de valor. El 60 % del petróleo que se produce se comercializa internacionalmente, a diferencia del carbón (del que solo se comercializa el 17 %) y del gas natural (25 %). **[4]**

Además, continúa siendo el principal componente del consumo de energía comercial mundial con alrededor del 37 % de dicho consumo, de acuerdo con las cifras del 2004, a pesar de conocerse que el petróleo es un recurso no renovable, que desde finales del siglo XIX se ha utilizado de forma irracional.

Las reservas probadas de petróleo, al igual que las de otros recursos energéticos, están desigualmente distribuidas entre regiones y países, tal como se muestra en la Tabla 1.2, la mayor parte se encuentra en los países subdesarrollados.

De acuerdo con fuentes especializadas, la mayor parte de las cuencas petroleras fuera del Golfo Árabe Pérsico ya han alcanzado sus niveles máximo de producción, como son los casos de Estados Unidos y Canadá (a comienzo del decenio 1970), territorios de la antigua URSS (década del 1980) y el Mar del Norte – Reino Unido y Noruega a finales del decenio de 1990). **[5]**

Tabla 1.2 Reservas probadas de petróleo en países seleccionados, 2004

Países	% del Total	Duración (años)
Medio Oriente		
Arabia Saudita	22,1	67,8
Irán	11,1	88,7
Irak	9,7	>100
Kuwait	8,3	> 100
Estados Árabes Unidos	8,2	> 100
Fuera del Medio Oriente		
Venezuela	6,5	70,8
Rusia	6,1	21,3
Libia	3,3	66,5
Estados Unidos	2,5	11,1
Nigeria	3,0	38,4
China	1,4	13,4
OPEP	74,9	73,9

Principales consumidores e importadores de petróleo.

La mayoría de los principales consumidores de petróleo del mundo son países desarrollados como Estados Unidos, Japón, Rusia, Alemania, Corea del Sur, Canadá, Francia e Italia. Estados Unidos con un consumo de 937,6 millones de toneladas, que representa el 24,9 % del consumo total mundial. Solo dos países subdesarrollados se ubicaron en el 2004 entre los principales consumidores de petróleo del mundo: China e India. [3]

Es meritorio señalar el rápido crecimiento del consumo petrolero en los últimos años en grandes consumidores como Estados Unidos, China e India.

China recibió el 23 % del incremento del consumo petrolero entre 1984 y 2004, pasando a ocupar el segundo lugar entre los grandes consumidores, [4] mientras que Estados Unidos absorbió el 22 % de dicho incremento y la India el 8 %.

Relación del consumo y el impacto medioambiental.

Hasta hoy, el consumo de energía ha sido valorado como un índice del progreso económico y social de los países, sin tener en cuenta las consecuencias ambientales que esos patrones irracionales de consumo han provocado en el planeta. Por ejemplo en Estados Unidos el consumo anual per cápita de energía es de 13000 kWh, mientras el promedio mundial de consumo es de 2429 kWh. En América Latina el consumo promedio es de 1601 kWh.

Las fuentes no renovables de energía (los combustibles fósiles) han sido, en mayor o menor medida, el sostén de la economía energética mundial durante los últimos ciento cincuenta años. Ellos constituyen alrededor del 88 % y junto a la energía nuclear se identifican con el denominado “camino duro” [6] en el empleo de los recursos energéticos. El modo irracional en que han sido utilizados estos recursos ha dañado considerablemente la naturaleza por las constantes emanaciones de gases tóxicos. Según se estima, las principales causas de esas emanaciones gaseosas son, la generación de electricidad y el transporte automotor, responsables del 80 % de las emisiones.

Mientras los países subdesarrollados emiten hoy como promedio cerca de 0,6 t de dióxido de carbono (CO₂) por cada habitante al año, los países más industrializados expulsan a la

atmósfera como promedio 3,1 t de tales gases por habitante anualmente. Estados Unidos es el causante del 20,6 % de las emisiones globales. [7]

Los países con los niveles de vida más altos, han sido los principales responsables del aumento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero (GEI). Estos países y aquellos de las llamadas “Economías de transición”, son responsables del 70 % de las emisiones mundiales de GEI. [4]

La única defensa razonable ante el cambio climático es la reducción drástica de las emisiones de CO₂ transitando hacia un Nuevo Paradigma Energético que sustituya definitivamente al Sistema Energético Contemporáneo. [8]

En tal sentido, el beneficio ambiental del actual programa energético cubano, basado esencialmente en el incremento de la eficiencia y el desarrollo de las Fuentes Alternativas de Energía (FAE), dentro de las cuales tienen un peso significativo las renovables, es considerable y además, evidente.

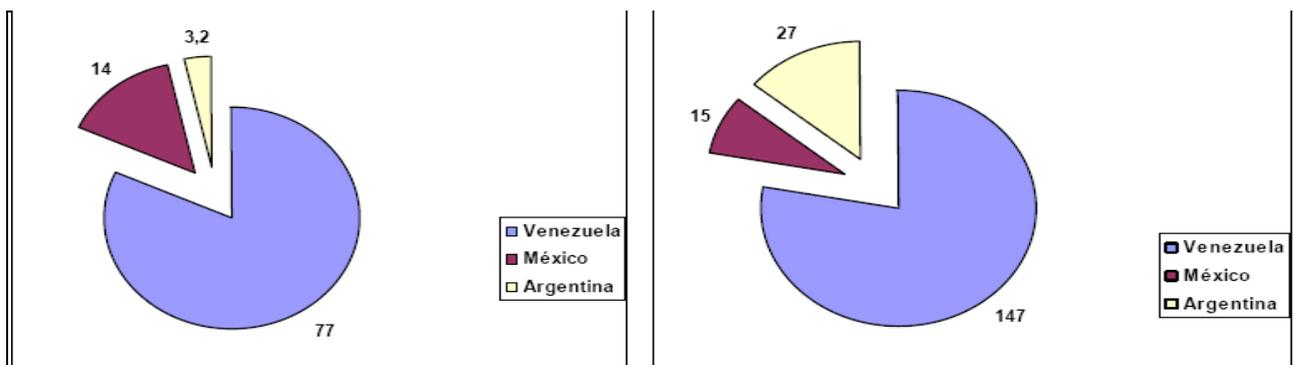
1.1.2 Panorama regional de América Latina y el Caribe.

América Latina no ha estado alejada de los problemas energéticos mundiales y ha vivido desde hace muchos años los embates de la crisis energética internacional, fundamentalmente la de los años de la década del 70, de aquí que en este contexto nace la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Esta organización está conformada por 26 países del área (incluida Cuba), y tiene entre sus objetivos desarrollar los recursos energéticos, además de atender conjuntamente los aspectos relativos a su eficiente y su racional aprovechamiento, a fin de contribuir al desarrollo económico y social de la región.

Sin embargo, es preciso señalar que los países que integran a la América Latina y el Caribe, no todos presentan las mismas condiciones desde el punto de vista energético, por ejemplo: Venezuela, México, Trinidad y Tobago, Colombia y Ecuador, son considerados exportadores netos de petróleo; pero los de mayor peso son México, Venezuela y Colombia, aunque esta última ha disminuido su cuota de 820 000 barriles por día (bpd) en 1999 a 520 000 bpd en el 2005, mientras que México, junto con Venezuela, concentra el grueso de las reservas

disponibles en América Latina. México representa un 1,4 % de ellas a nivel mundial y produce el 5 % de la oferta mundial; Venezuela, en cambio, es la quinta exportadora mundial de petróleo y, cuenta con una reserva para 250 años, manteniendo el volumen vigente de extracción, con el 6,8 % de las reservas, aportando el 3,9 % de la producción.

El crecimiento energético en la región estuvo liderado particularmente por la producción de gas natural, con un 3,21 % de crecimiento y de carbón con un importante ascenso en 12,67 %, mientras que la de petróleo se redujo en 1,85 %, Venezuela, miembro de la OPEP, se ha mantenido entre los 10 primeros productores de petróleo del mundo, a pesar de problemas ocurridos en el 2003. El país es por tanto, clave para los mercados energéticos mundiales, con sus reservas probadas de petróleo estimadas en más de 77 mil millones de barriles. Las reservas de gas natural de Venezuela son las mayores de la región, estimadas en unos 147 Trillones de pies cúbicos (TPC). México también tiene grandes reservas de crudo con más 14 mil millones de barriles, mientras que sus reservas probadas de gas natural se estiman en aproximadamente 15 TPC. Argentina, con unos 3,2 mil millones de barriles de reservas probadas de petróleo, es también un importante participante en el mercado de hidrocarburos en Latinoamérica, sus exportaciones se hacen principalmente a Chile, Brasil, Uruguay y Paraguay, con pequeñas cantidades que también van a la Costa del Golfo de los Estados Unidos. Las reservas probadas de gas natural del país son de aproximadamente 27 TPC, como se muestra a continuación:



**Fig. 1.1 Reserva de petróleo
(mil millones de barriles)**

Reserva de gas natural (TPC)

Según la Agencia Internacional de Energía (AIE) y la OPEP, [9] la región cuenta con más del 10 % de las reservas mundiales de petróleo y con más de 14 % de la producción mundial de ese hidrocarburo.

En este sentido, Venezuela, país anfitrión de la I Cumbre Energética, posee las mayores reservas probadas de crudo del mundo, las cuales alcanzan los 80 billones de barriles. En la actualidad, es el quinto productor de petróleo del mundo.

Brasil, el país con mayor extensión territorial de la región, cuenta con 11,7 billones de barriles de crudo, Ecuador alcanza los 4,51 billones y Argentina 2,46 billones de barriles de reservas probadas. Estos datos se representan en la figura 1.3:

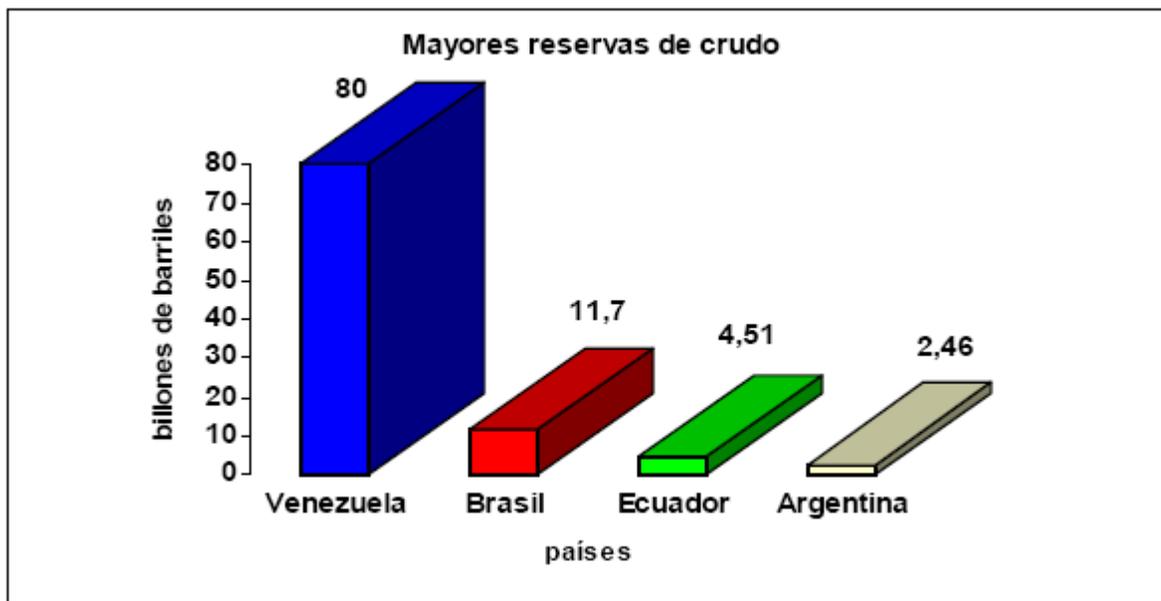


Fig. 1.2 Mayores reservas de crudo del área.

En cuanto al gas natural, Suramérica cuenta con 4 % de las reservas mundiales y es responsable del 6 % de la producción mundial. Entre los países de la región con mayores reservas están Bolivia, Perú y Venezuela. Además de petróleo y gas, el continente suramericano es rico en grandes reservas minerales, recursos naturales así como de ejemplares de flora y fauna, únicos en el mundo.

Teniendo en cuenta estos datos relacionados con la situación energética del área, y debido al acecho de los Estados Unidos a que estas naciones formen parte del Área de Libre Comercio para las Américas (ALCA), con el objetivo de anexarse energética y económicamente a esta región; es que se da surgimiento a la Alternativa Bolivariana para las Américas (ALBA), como necesidad de contrapartida al ALCA. Esta es una propuesta de integración enfocada para los países de América Latina y el Caribe que pone énfasis en la lucha contra la pobreza y la exclusión social, se concreta en un proyecto de colaboración y complementación política, social y económica entre países de América Latina y el Caribe, promovida inicialmente por Cuba y Venezuela.

El ALBA se formuló por el Presidente de la República Bolivariana de Venezuela, Hugo Chávez Frías, en el marco de la III Cumbre de Jefes de Estado y de Gobierno de la Asociación de Estados del Caribe, celebrada en la isla de Margarita, en diciembre de 2001, y ha tenido gran impacto sobre las nuevas políticas llevadas a cabo por los acuerdos y convenios, entre los estados de esta región.

Es por ello que debido a estos convenios y con la aprobación de los mandatarios de la región, en conjunto con el presidente de la República Bolivariana para las Américas dan nacimiento a:

- **PETROSUR:** Integrada por Argentina, Brasil, Venezuela y Uruguay.
- **PETROCARIBE:** Compuesta por 14 países de la región caribeña, incluida Cuba. En este panorama, la creación de Petrocaribe, a iniciativa del presidente venezolano, Hugo Chávez, adquiere enorme importancia histórica al convertirse en el primer acuerdo energético de naturaleza solidaria con fines de desarrollo social firmado entre un grupo de estados de cualquier región del mundo
- **PETROANDINA:** Integrada por Ecuador, Colombia, Bolivia, Perú y Venezuela.
- **PETROAMÉRICA:** Impulsada por el gobierno venezolano para redefinir las relaciones existentes en cuanto a recursos y potencialidades, aprovechar la complementariedad económica, social y cultural a fin de reducir las asimetrías de la región. En ella confluyen las tres iniciativas anteriores.

Su objetivo fundamental es lograr y estimular la política de cooperación energética de Venezuela con los países de América Latina y el Caribe en el sector energético, incluyendo

petróleo y sus derivados, gas, la electricidad y su uso eficiente, cooperación tecnológica, capacitación, desarrollo de infraestructura energética, así como el aprovechamiento de fuentes alternas tales como : energía eólica, solar y otras.

1.2 Estado actual de la economía y uso de la energía en Cuba.

1.2.1 Desarrollo económico del país.

En el año 2009, se mantuvo la política de bloqueo y hostilidad económica del gobierno de Estados Unidos, que ha provocado enormes daños a la economía cubana.

Por otra parte, la crisis financiera internacional, agudizada desde el mes de septiembre del 2008, tuvo su mayor despliegue en el último trimestre de dicho año y los primeros meses del 2009, extendiéndose a la economía real y pasando a convertirse en una crisis económica generalizada, al declararse en recesión las principales economías desarrolladas.

Los estimados sobre el comportamiento de la economía mundial para el año 2009, indican un decrecimiento global de la producción y del comercio internacional, fundamentalmente en las economías desarrolladas y en América Latina y el Caribe.

En ese contexto, la economía cubana tendrá un crecimiento de 1,4 por ciento; inferior al 6 por ciento inicialmente planificado sobre premisas más favorables que las que finalmente resultaron.

Desde finales del pasado año, se observó una marcada desaceleración en el flujo de los ingresos en divisas con los que se preveía contar y derivado de ello, se presentaron dificultades para cumplir los compromisos de pagos externos contraídos. Esta situación creó dificultades para acceder a fuentes de financiamiento.

1.2.2 La Revolución Energética en Cuba.

En el país, al inicio del 2006, existen 2 940 MW de potencia instalada en Termoeléctricas, gran parte de las cuales supera los 25 años de explotación, y tienen una disponibilidad promedio del 60 % y grandes consumos de combustible por kWh generado.

Este sistema está siendo sustituido paulatinamente por la nueva generación de grupos electrógenos y se le dedican los recursos mínimos necesarios para mantener la disponibilidad de las unidades más eficientes. Otras unidades serán conservadas y estarán listas para trabajar cuando se requiera, en tanto transcurra la primera fase de la transformación del actual sistema.

Por otro lado, es sabido que la generación eléctrica más eficiente y conveniente para Cuba es la que tiene lugar a partir del gas acompañante del crudo, esto ha propiciado que actualmente haya 405 MW de potencia instalada para generar electricidad con ese recurso. De la cifra mencionada, 305 MW se producen en las plantas de Energas y 100 en la termoeléctrica de Santa Cruz del Norte, preparada tecnológicamente para la quema simultánea de gas y crudo.

No obstante estos resultados, en Cuba se dio la máxima prioridad también al incremento de la eficiencia energética, a la aplicación de cuanta medida de ahorro que resultara posible en todos los centros de trabajo y actividades sociales, y a la búsqueda y aprovechamiento de Fuentes Alternativas de Energía.

La política energética cubana ha estado encaminada, desde el triunfo de la Revolución, a la satisfacción de las necesidades de todos los cubanos, sin excepción alguna. Ya desde el triunfo revolucionario, en el juicio por el asalto al Cuartel Moncada (1953), Fidel plantea: «...llevar la corriente eléctrica hasta el último rincón de la Isla». Actualmente, más del 95 % de la población dispone de electricidad en sus hogares, contra el 56 % en 1959.

Existe un plan acelerado para que la totalidad de la población cubana, independientemente de donde viva y por muy alejada e intrincada que esté, disfrute en sus hogares de la electrificación como una necesidad intrínseca del desarrollo social.

Como es sabido, la energía es un factor fundamental tanto para la subsistencia como para el desarrollo. La dependencia energética es dependencia económica y, por consiguiente, deviene dependencia política.

La energía ha sido y es un instrumento de poder, causa de todas las guerras contemporáneas. La política energética mundial está esclavizando a los pueblos y exterminando la naturaleza y, por lo tanto, al ser humano.

Por esta razón, la política energética de Cuba se basa en los siguientes factores:

1. Proliferación de una cultura energética encaminada al logro de un desarrollo independiente, seguro, sostenible y en defensa del medio ambiente.
2. Prospección, conocimiento, explotación y uso de las fuentes nacionales de energía, sean convencionales o no.
3. Uso racional de la energía, con el máximo ahorro en su uso final y la utilización de tecnologías de alta eficiencia.
4. Producción distribuida de la electricidad y cerca del lugar de consumo.
5. Desarrollo de tecnologías para el uso generalizado de las fuentes renovables de energía, con un peso progresivo en el balance energético nacional.
6. Participación de todo el pueblo en la revolución energética.

Fidel nos ha llamado a una nueva batalla: la batalla por la revolución energética. Estamos seguros de que, como siempre, venceremos. **[10]**

1.3 La administración de la energía. Particularidades de los Sistemas de Monitoreo y Control de la Energía.

1.3.1 Sistemas de Monitoreo y Control en las Plantas Industriales.

Según la bibliografía consultada actualmente se dispone en la industria de sistemas de monitoreo y control basados en sistemas avanzados de adquisición de datos directamente a partir de los instrumentos de campo instalados en los equipos de medición, los cuales mediante los dispositivos de cómputo adecuados son capaces de visualizar la información y monitorear el comportamiento energético de la empresa, mediante el uso de gráficas especializadas. **[11]**

El siguiente ejemplo constituye uno de los estos sistemas, que fue expuesto por la Empresa Servicios Efectivos de Medición Hunt en el XIV Seminario de Ahorro de Energía,

Cogeneración y Energía Renovable: Eficiencia Energética en la Industria. México D.F. Octubre de 2008.

Sistemas de Control v2 SEMHUNT.

Características técnicas y alcance de los sistemas de monitoreo y control energético.

Los Sistemas de Control y Monitoreo están concebidos para proporcionar información para la toma de decisiones en términos de un óptimo uso de la energía eléctrica. En la visión de las empresas dedicadas a la instalación de estos medios está contribuir a obtener un mayor beneficio de los equipos instalados, lo que se traduce en una solución integral personalizada que genera datos históricos de la información obtenida en tiempo real de los parámetros eléctricos que manejan los:

- Dispositivos de monitoreo de energía tales como enercept, energymeter, powerlogic.
- Relevadores multifuncionales de protección y medición tales como Sepam 1000+.
- Controladores lógicos programables tales como Twide, Microcompact Momentum y Quantum.

La solución se genera contemplando los equipos existentes y se complementa con las interfaces necesarias.

El alcance del nivel de complejidad del Sistema de Control y Monitoreo está íntimamente ligado a la arquitectura de las comunicaciones disponibles o proyectadas, por lo que este se define con base a la complejidad de desarrollo y versatilidad de los resultados en:

Básico: Medición en tiempo real. Se desarrollan páginas HTML en interfaces para traducir la información del protocolo de campo a la red de cómputo de área local, donde se usan exploradores comerciales de Internet para visualizar los parámetros de operación de los equipos en tiempo real.

Intermedio: Colección de datos para instalaciones atendidas en tiempos parciales. Se utilizan servidores que mediante una interface comercial de Internet permiten la recolección de información en una base de datos local para la visualización de tendencias de operación.

Avanzado: Se utiliza el software de explotación SMS el cual cuenta con un vasto desarrollo de preingeniería que permite una más amplia utilización de la información proporcionada por los elementos de campo, así como el manejo de herramientas adicionales tales como el envío automático de correos electrónicos, capacidad de utilizar un simulador de facturación con algoritmo de la compañía suministradora, la ejecución de archivos Excel cuando un evento predefinido ocurra.

Ventajas del sistema de control y monitoreo:

- Permite contar con datos en tiempo real e históricos para la toma de decisiones en términos de un óptimo uso de la energía eléctrica.
- Auxilia en la identificación de picos de consumo con el propósito de reducirlos y en consecuencia obtener ahorros en la facturación de la energía eléctrica.
- Permite asociar costos del uso de la energía por subestación o por líneas de producción.
- Acumula registros y elabora tendencias para una rápida identificación de problemas de operación y para la planeación del mantenimiento.
- Para la instalación de estos sistemas se requiere de:
 - Filosofía de operación del sistema o proceso.
 - Listado de entradas y salidas.
 - Diagramas de tuberías e instrumentación.

Características de los sistemas de cómputo o programas profesionales empleados en los sistemas de monitoreo y control energético en la industria.

Sistema de Monitoreo para control y ahorro de energía eléctrica de la Empresa Servicios Efectivos de Medición Hunt (SEMHunt).

Este sistema está diseñado para visualizar la información y monitorear el comportamiento energético de la empresa, así como tomar decisiones encaminadas al uso eficiente de la energía, detectar oportunidades de ahorro, convertir datos históricos en información valiosa y tomar decisiones en base a costos reales.

La información visualizada también nos brinda ayuda en cuanto a:

- Costo efectivo:

Negocios internos.

Alumbrado, refrigeración, aire acondicionado, generadores en horario punta, etc.

- Operaciones:

Consumo horario por sitio o consolidado.

Pronóstico de consumo horario, diarios, mensuales, etc.

- Análisis:

Comparativos entre sitios.

Indices de consumo de energía (kWh/m², kWh/m², kWh/proceso, \$/m², \$/proceso, scorecard, etc.

Detección de anomalías operativas y crecimiento ordenado.

- Apoyo a programas ecológicos:

Programación y evaluación.

Administración de la energía:

Ventajas:

- Mayor detalle en el consumo de electricidad permite mayor control sobre el uso de energía (perfil 5 minutas)
- Monitorear remotamente el consumo de energía es una herramienta de control efectiva
- Información y Control
- Programas y equipos para el manejo de la información de energía al alcance de todos los presupuestos
- Reportes y presentación de datos en forma gráfica y tabular por Internet (acceso controlado)
- Alarmas pasivas y controles vía Internet

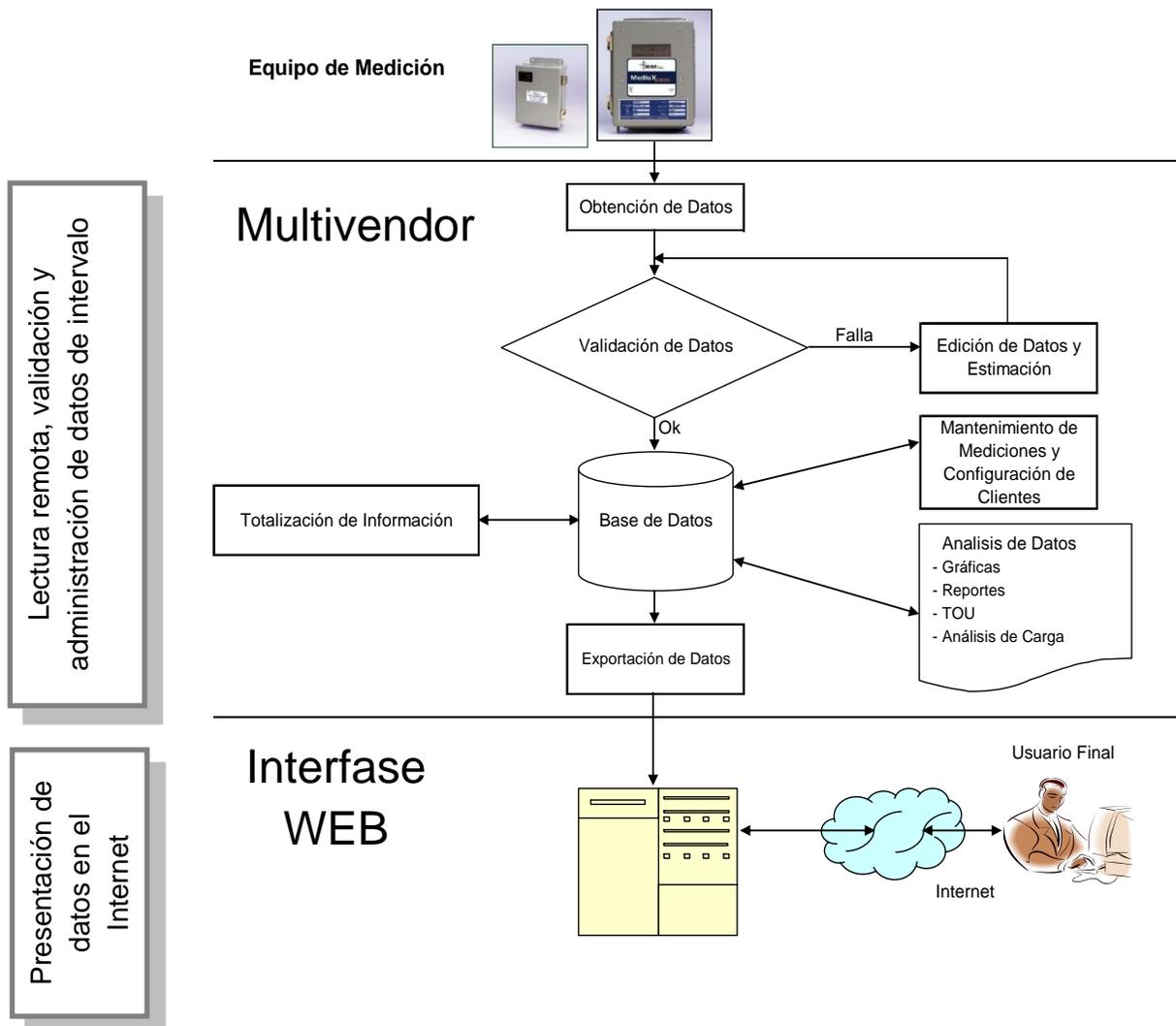
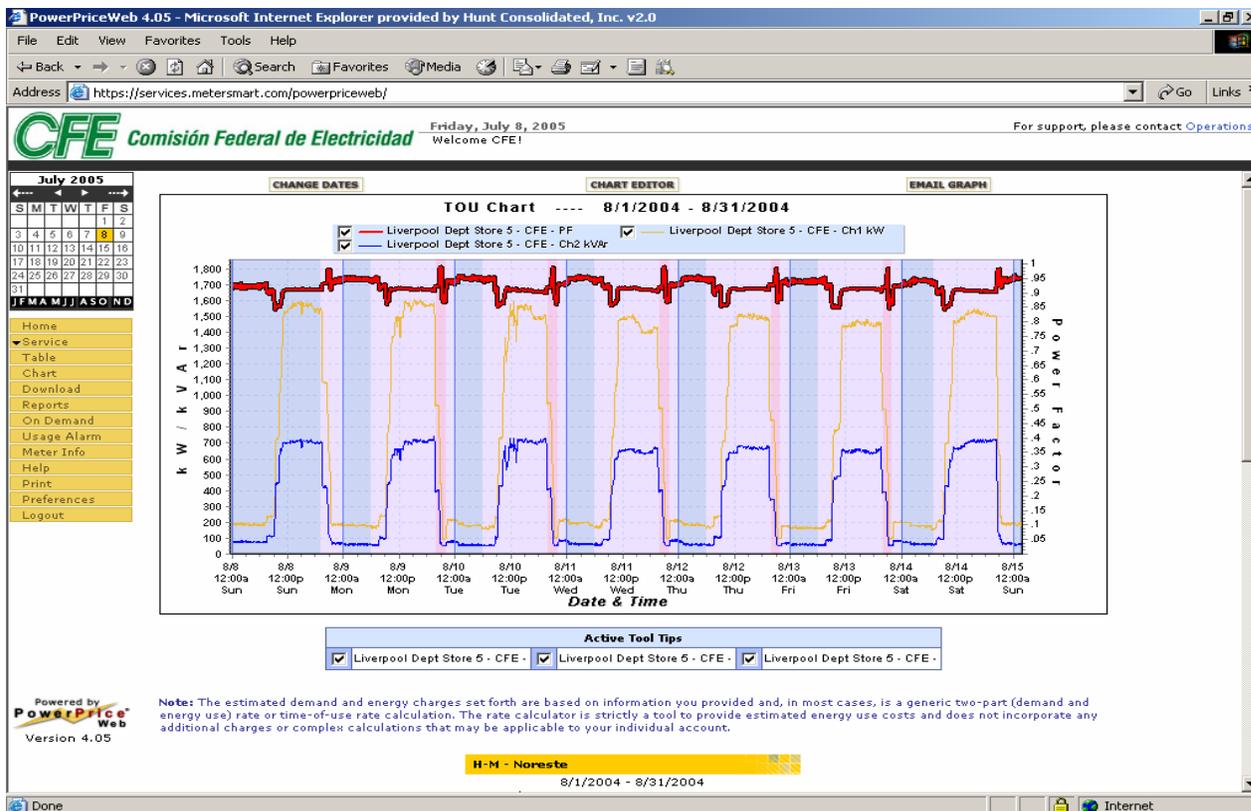
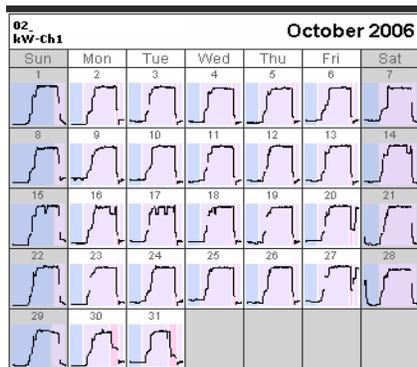


Fig. 1.1: Sistema de Monitoreo Energético SEMHunt.

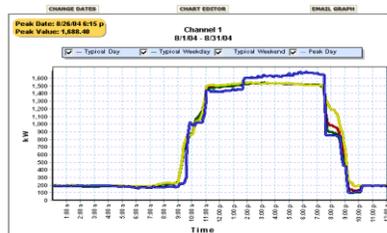
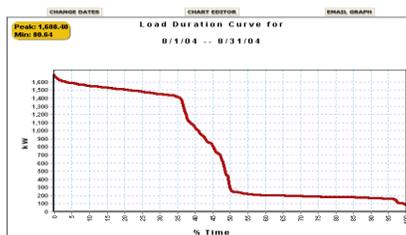
- Sistema multi-vendor para lectura de prácticamente todos los equipos comerciales de medición.
- Compatible con los exploradores de Internet como el Windows Explorer, Mozilla FireFox.
- Cuenta de acceso y código de seguridad (password). [11]



Graficas especializadas de Análisis



Calendario, Duración de Carga y Días típicos



© SEMHunt, S. de R.L. de C.V -- Prohibida su distribución sin permiso



16

Fig. 1.2: Sistema de Monitoreo Energético SEMHunt. Gráficas especializadas de análisis.

Conclusiones parciales:

1. Entre las fuentes comerciales de energía, los combustibles fósiles mantienen su dominio en la composición del balance energético mundial, sobre todo el petróleo, a pesar del proceso de sustitución petrolera por otras fuentes de energía, que alcanzó su máxima expresión en el período de altos precios entre 1973 y 1985.
2. Los sistemas automatizados de control y monitoreo de la energía tienen las siguientes ventajas:
 - Permite contar con datos en tiempo real e históricos para la toma de decisiones en términos de un óptimo uso de la energía eléctrica.
 - Auxilia en la identificación de picos de consumo con el propósito de reducirlos y en consecuencia obtener ahorros en la facturación de la energía eléctrica.
 - Permite asociar costos del uso de la energía por subestación o por líneas de producción.
 - Acumula registros y elabora tendencias para una rápida identificación de problemas de operación y para la planeación del mantenimiento.

Capítulo II: Gestión energética en la Refinería de Petróleo de Cienfuegos.

2.1. Organización estructural de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos.

La Refinería Camilo Cienfuegos, ubicada al norte de la bahía de Cienfuegos, es una de las grandes inversiones que se iniciaron en la década del 80 con la colaboración de la desaparecida Unión Soviética. Su etapa de proyección, microlocalización y movimiento de tierra se inició en el período comprendido entre 1977 y 1983 y su construcción y montaje se realizó entre 1983 y 1990. Fue diseñada para procesar 65 000 barriles/día de crudo "Soviet Export Blend".

Tiene una capacidad de procesamiento de 65 MBPD, pudiéndose elevar hasta 80 MBPD con algunos cambios en el equipamiento y eliminación de cuellos de botella.

Destilación Atmosférica

Tiene una capacidad de procesamiento de 65 MBPD, pudiéndose elevar hasta 80 MBPD con algunos cambios en el equipamiento y eliminación de cuellos de botella.

El proceso se realiza por un esquema de desalación eléctrica con alto voltaje en 2 etapas conectadas en serie. El sistema tiene facilidad para lavar el petróleo crudo en cada etapa y recircular el agua de lavado de la segunda etapa a la primera.

Una vez desalado, el crudo es enviado a una torre predestiladora de 28,7 m de altura, y 19 platos, que permite aliviar la carga de vapores en la torre atmosférica en un 11 % volumen sobre el crudo.

La torre atmosférica, con 55,1 metros de altura y 57 platos, recibe el producto no vaporizado de la predestiladora, fraccionándolo en tope, fondo y cuatro cortes laterales. Para extraer el exceso de calor de la torre se utilizan 3 flujos circulantes. Los tres primeros cortes laterales son tratados con vapor en una torre despojadora. Cuenta con una torre estabilizadora de 52,3 metros y 60 platos, la cual recibe los toques de las torres predestiladora y atmosférica, para garantizar el inyectado a la planta de fraccionamiento de gases.

Existe una facilidad para mezclar el producto de fondo de la estabilizadora y los 4 cortes laterales, que permite formar las diferentes materias primas a las plantas secundarias.

Reformación Catalítica.

Diseñada para reformar 9 600 BPD de la fracción que ebulle en el rango de 70-180 °C obtenida por destilación directa. Posee una unidad para la hidrofinación de este corte de nafta, logrando un grado de desulfurización del 98%

El catalizador para la hidrofinación es el tipo de AlCoMo, mientras que para la reformación se utiliza un catalizador bimetálico de Pt-Re soportado en Al_2SO_3 , de gran actividad.

El grado de conversión es del 82 % peso. Se obtiene una nafta reformada con 95 RON, que se usa como componente de gasolina y como subproductos se obtienen gas hidrogenado, gas de estabilización y un corte liviano. Estos dos últimos forman parte del inyecta a la planta de Finales Ligeros.

Unidad de Finales Ligeros.

Esta planta tiene capacidad para procesar 10 000 BPD de nafta ligera (PIE 70 °C) inestable proveniente de la unidad de Destilación, así como gas de estabilización y un corte liviano obtenidos en la unidad de Reformación Catalítica.

Como productos se obtienen propano, butano normal, isobutano y gas seco. Se produce además nafta ligera estable, que es inyecta a la unidad de Isomerización.

La materia prima recibe un tratamiento con solución alcalina (Na OH) al 10 % para eliminar el sulfuro de hidrógeno.

Muelles Petroleros Refinería Cienfuegos

Cuenta con 2 muelles para recibir buques de hasta 226 m de eslora y 52 000 DWT.

El Muelle 1 tiene un calado de 11,7 m, con 4 brazos de carga y descarga, con capacidad de 1 200 m³/hora cada uno, destinados 2 de ellos para productos oscuros y 2 para productos claros.

El Muelle 2 tiene un calado de 9,0 m, posee 4 brazos de carga y descarga con capacidad de 1 200 m³/h cada uno, destinados para productos claros y oscuros. En ambos muelles existen facilidades para la carga y descarga de GLP por manguera.

Existe además un muelle auxiliar para la carga de productos por patanas que tiene un calado de 4 m.

2.2. Descripción general de la Planta de Tratamiento de Efluentes.

El diseño de la PTR fue concebido con las instalaciones civiles necesarias, para realizar el tratamiento del volumen de residuales que se genera en la Planta Combinada y plantas auxiliares [12], como se muestra en la **figura 2.1**.

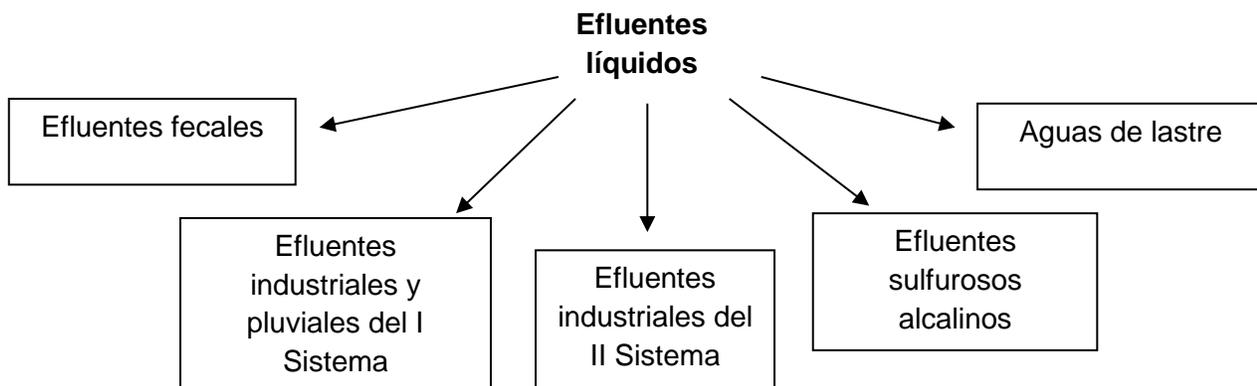


Fig. 2.1: Esquema que indica los efluentes que se generan en la refinería.

Los **efluentes fecales** son aquellos que provienen de los baños, cocina, comedores, tintorería y lavado de pisos de instalaciones no productivas.

Los **efluentes industriales y pluviales del I Sistema** provienen del drenaje de tambores, filtros y otros equipos tecnológicos, del enfriamiento de bombas, del lavado de pisos de locales de producción, del drenaje de aguas pluviales desde las áreas exteriores de instalaciones tecnológicas y los tanques, así como del purgado de tanques de combustibles.

Por su parte, los **efluentes industriales del II Sistema** se originan a partir del lavado del crudo en los electrodeshidratadores de la Planta de Destilación Atmosférica (Sección 100).

Los **efluentes sulfurosos alcalinos** provienen del lavado de gases en la Planta de Finales Ligeros (Sección 400) y de la gasolina en la Planta de Reformación Catalítica (Sección 200), con álcalis para reducir el contenido de azufre en su composición.

Las **aguas de lastre** la componen el agua de mar que introducen los buques en sus depósitos, para mantener la estabilidad cuando van a realizar una travesía sin carga. Esta agua se contamina con los residuos del petróleo que contenía el depósito y es descargada por un muelle para realizarle el proceso de tratamiento en la refinería [13].

Descripción del I y II Sistema de Tratamiento.

La PTR dispone de tres bloques de tratamiento: I Sistema, II Sistema y de aguas de lastre, según el proyecto inicial, pero en la actualidad todos los efluentes que llegan a la planta reciben tratamiento en los dos primeros, pues en el tercer bloque no se ha concluido la construcción de las instalaciones. Ambos sistemas cuentan, a su vez, con instalaciones para Tratamiento Físico, compuesto por los sedimentadores de arena, separadores de aceite y sedimentadores de balance; Tratamiento Físico - Químico integrado por mezcladores y flotadores, filtración en filtros de presión y Tratamiento Biológico en una laguna de estabilización y al final del tratamiento el agua tratada se vierte a la bahía mediante un emisario submarino [13]. En las figuras 2.1 y 2.2 se muestran los diagramas de proceso del I y II Sistema. [14]

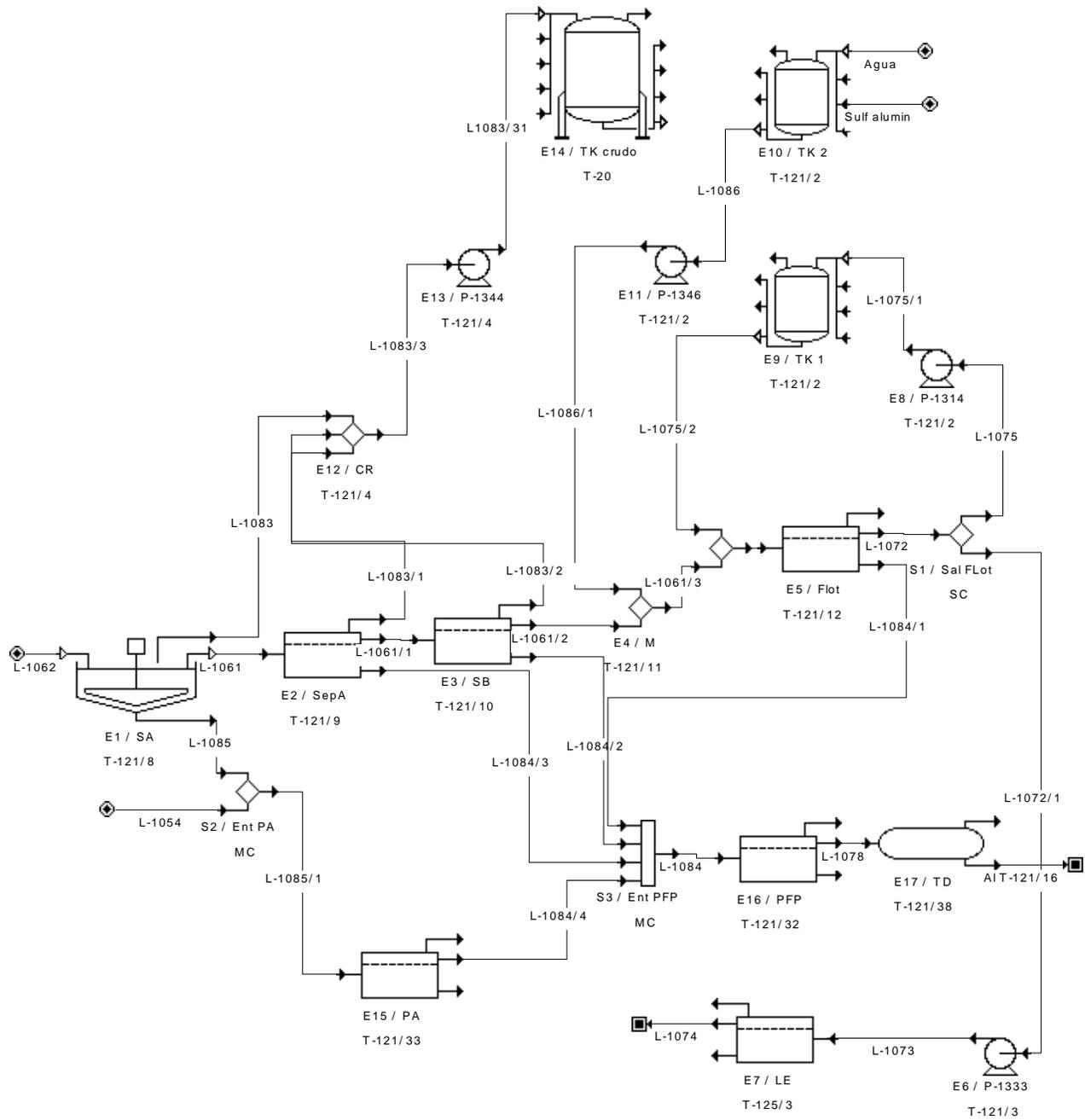


Fig 2.2: Diagrama de proceso del I Sistema.

A continuación se muestran en las tablas 2.1 y 2.2 los equipos, puntos de mezcla y separación de corrientes y corrientes del diagrama de proceso del I Sistema.

Tabla 2.1: Lista de equipos y puntos de mezcla o separación de corrientes del I Sistema.

Equipos	Código
Sedimentador de arena	E1/SA: T-121/8
Separador de aceite	E2/SepA: T-121/9
Sedimentador de balance	E3/SB: T-121/10
Mezclador	E4/M: T-121/11
Flotador	E5/Flot: T-121/12
Bomba de suministro de agua tratada a la LE	E6/P-1333: T-121/3
Laguna de estabilización	E7/LE: T-125/3
Bomba de agua de recirculación a los flotadores	E8/P-1314: T-121/2
Tanque de presión para emulsión agua - aire	E9/TK 1: T-121/2
Tanque de consumo de la solución de sulfato de aluminio	E10/TK 2: T-121/2
Bomba de suministro de $Al_2(SO_4)_3$ (ac) a los mezcladores	E11/P-1346: T-121/2
Cámara de recepción de hidrocarburos recolectados	E12/CR: T-121/4
Bomba de hidrocarburos recolectados a los TK de crudo	E13/P-1344: T-121/4
Tanques de crudo	E14/TK crudo: T-20
Piscina de recolección de arena	E15/PA: T-121/33
Piscina de recolección de fangos petrolizados	E16/PFP: T-121/32

Tambor de drenaje de aguas oleosas	E17/TD:T-121/38
Separación de corrientes a la salida del flotador	S1/Sal Flot: SC
Mezcla de corrientes a la entrada de la piscina de recolección de arena	S2/Ent PA: MC
Mezcla de corrientes a la entrada de la piscina de fangos petrolizados	S3/Ent PFP: MC

Tabla 2.2: Declaración de corrientes del I Sistema.

Líneas	Código
Agua de recirculación del I Sistema de enfriamiento	L -1054
Efluentes industriales y pluviales al tratamiento (A presión)	L -1062
Efluentes industriales y pluviales tratados en el SA	L -1061
Efluentes industriales y pluviales tratados en el SepA	-1061/1
Efluentes industriales y pluviales tratados en el SB	-1061/2
Efluentes industriales y pluviales que salen del mezclador	- 1061/3
Efluentes industriales y pluviales tratados en el flotador (A gravedad)	L -1072
Efluentes industriales y pluviales tratados hacia la P -1333 (A gravedad)	-1072/1
Efluentes industriales y pluviales tratados a la LE (A presión)	L -1073
Efluentes industriales y pluviales tratados a la bahía (A gravedad)	L -1074
Agua de recirculación hacia la P -1314 (A gravedad)	L -1075
Agua de recirculación hacia el TK 1(A presión)	-1075/1

Agua de recirculación a los flotadores (A presión)	. -1075/2
Efluentes del vaciado de las instalaciones de tratamiento	L -1078
Hidrocarburos recolectados en el SA (A gravedad)	L -1083
Hidrocarburos recolectados en el SepA (A gravedad)	. -1083/1
Hidrocarburos recolectados en el SB (A gravedad)	. -1083/2
Hidrocarburos recolectados desde la cámara de recepción (A gravedad)	. -1083/3
Hidrocarburos recolectados desde la EB hacia los TK crudo (A presión)	-1083/31
Fangos petrolizados recolectados a la piscina de fangos	-1084
Fangos petrolizados recolectados en el flotador	. -1084/1
Fangos petrolizados recolectados en el SB	. -1084/2
Fangos petrolizados recolectados en el Sep. A	. -1084/3
Fangos petrolizados recolectados en la PA	. -1084/4
Arenas recolectadas en el SA	L -1085
Arenas recolectadas mezcladas con agua en el SA hacia la PA	. -1085/1
Solución de sulfato de aluminio hacia la bomba P-1346 (A gravedad)	L -1086
Solución de sulfato de aluminio hacia el mezclador (A presión)	. -1086/1

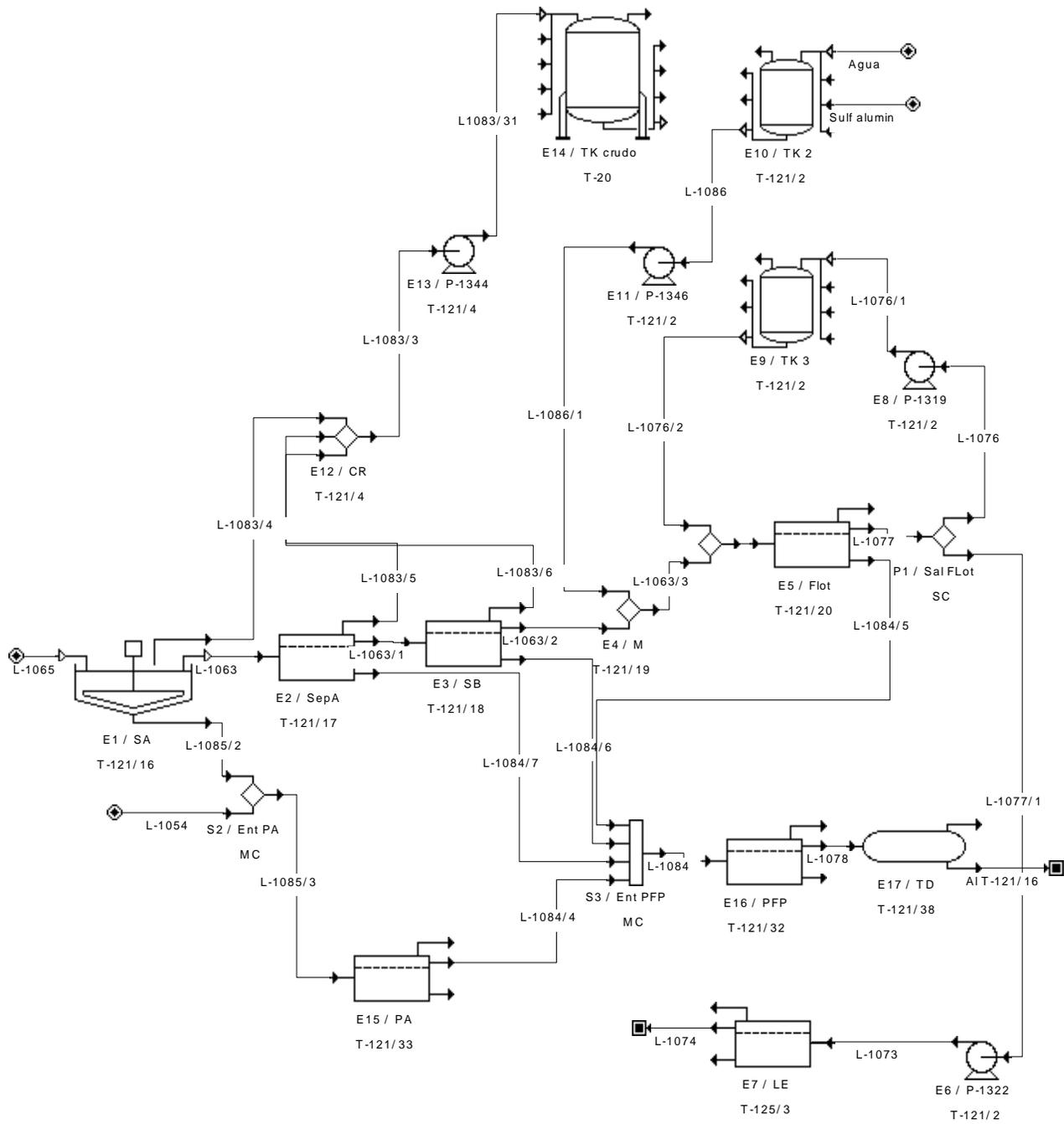


Fig 2.2: Diagrama de proceso del II Sistema.

En las tablas 2.3 y 2.4 aparecen los equipos, puntos de mezcla y separación de corrientes y las corrientes del diagrama de proceso del II Sistema.

Tabla 2.3: Lista de equipos y puntos de mezcla o separación de corrientes del II Sistema.

Equipos	Código
Sedimentador de arena	E1/SA: T-121/16
Separador de aceite	E2/SepA: T-121/17
Sedimentador de balance	E3/SB: T-121/18
Mezclador	E4/M: T-121/19
Flotador	E5/Flot: T-121/20
Bomba de suministro de agua tratada a la LE	E6/P-1322: T-121/2
Laguna de estabilización	E7/LE: T-125/3
Bomba de agua de recirculación a los flotadores	E8/P-1319: T-121/2
Tanque de presión para emulsión agua - aire	E9/TK 3: T-121/2
Tanque de consumo de la solución de sulfato de aluminio	E10/TK 2: T-121/2
Bomba de suministro de $Al_2(SO_4)_3$ (ac) a los mezcladores	E11/P-1346: T -121/2
Cámara de recepción de hidrocarburos recolectados	E12/CR: T-121/4
Bomba de hidrocarburos recolectados a los TK de crudo	E13/P-1344: T-121/4
Tanques de crudo	E14/TK crudo: T-20
Piscina de recolección de arena	E15/PA: T-121/33
Piscina de recolección de fangos petrolizados	E16/PFP: T-121/32

Tambor de drenaje de aguas oleosas	E17/TD:T-121/38
Separación de corrientes a la salida del flotador	S1/Sal Flot: SC
Mezcla de corrientes a la entrada de la piscina de recolección de arena	S2/Ent PA: MC
Mezcla de corrientes a la entrada de la piscina de fangos petrolizados	S3/Ent PFP: MC

Tabla 2.4: Declaración de corrientes del II Sistema.

Líneas	Código
Agua de recirculación del I Sistema de enfriamiento	L -1054
Efluentes industriales y pluviales al tratamiento (A presión)	L -1065
Efluentes industriales y pluviales tratados en el SA	L -1063
Efluentes industriales y pluviales tratados en el SepA	L -1063/1
Efluentes industriales y pluviales tratados en el SB	L -1063/2
Efluentes industriales y pluviales que salen del mezclador	L -1063/3
Efluentes industriales y pluviales tratados a la LE (A presión)	L -1073
Efluentes industriales y pluviales tratados a la bahía (A gravedad)	L -1074
Agua de recirculación hacia la P -1319 (A gravedad)	L -1076
Agua de recirculación hacia el TK 3 (A presión)	L -1076/1
Agua de recirculación a los flotadores (A presión)	L -1076/2
Efluentes industriales y pluviales tratados en el flotador (A gravedad)	L -1077

Efluentes industriales y pluviales tratados hacia la P -1322 (A gravedad)	L -1077/1
Efluentes del vaciado de las instalaciones de tratamiento	L -1078
Hidrocarburos recolectados en el SA (A gravedad)	L -1083/4
Hidrocarburos recolectados en el SepA (A gravedad)	L -1083/5
Hidrocarburos recolectados en el SB (A gravedad)	L -1083/6
Hidrocarburos recolectados desde la cámara de recepción (A gravedad)	L -1083/3
Hidrocarburos recolectados desde la EB hacia los TK crudo (A presión)	L -1083/31
Fangos petrolizados recolectados a la piscina de fangos	L -1084
Fangos petrolizados recolectados en el flotador	L -1084/5
Fangos petrolizados recolectados en el SB	L -1084/6
Fangos petrolizados recolectados en el SepA	L -1084/7
Fangos petrolizados recolectados en la PA	L -1084/4
Arenas recolectadas en el SA	L -1085/2
Arenas recolectadas mezcladas con agua en el SA hacia la PA	L -1085/3
Solución de sulfato de aluminio hacia la bomba P-1346 (A gravedad)	L -1086
Solución de sulfato de aluminio hacia el mezclador (A presión)	L -1086/1

En la actualidad la calidad del agua residual a tratar en el I y II Sistema de la PTR es uniforme debido a que se mezclan los efluentes industriales y pluviales del I Sistema, los efluentes industriales del II Sistema y las aguas de lastre antes de la entrada a las instalaciones de tratamiento. La diferencia se establece dentro de la PTR cuando se dosifican los efluentes sulfurosos–alcalinos al II Sistema de tratamiento, después de los sedimentadores de arena (T – 121/16). [15]

Las características constructivas y operacionales de las instalaciones de tratamiento físico, físico – químico y biológico de ambos sistemas son idénticos y se describen a continuación:

Características de las instalaciones de tratamiento físico, físico – químico y biológico.

- **Sedimentadores de arena:** Existen 2 sedimentadores para cada sistema de tratamiento que trabajan en paralelo. Son de construcción cónica de hormigón. Funcionan para separar, mediante precipitación física, partículas sólidas de diámetros superiores a 0,15 mm y mediante la flotación sirven para separar productos de petróleo. Están concebidos por diseño para remover un 75 % de los hidrocarburos y un 20 % de la materia en suspensión que se alimenta [13], [16].
- **Separador de aceite:** Está constituido por un recipiente rectangular de hormigón, dividido en dos secciones de 6,0 m de ancho cada una y su diseño está concebido con el propósito de separar por precipitación física partículas de diámetros inferiores a 0,15 mm y por flotación productos de petróleo, con una eficiencia de un 95 % para los hidrocarburos y entre un 60 y 70 % para la materia en suspensión [13], [16].
- **Sedimentadores de balance:** Existen 2 sedimentadores para cada sistema de tratamiento que trabajan en paralelo. Son recipientes rectangulares de hormigón. Cada uno está dividido en tres secciones de 6,0 m de ancho, ambos están diseñados para separar por precipitación física partículas de diámetros muy pequeños y por flotación productos de petróleo, logrando un residual más homogéneo al entrar en el tratamiento físico - químico. La eficiencia por diseño para cada uno de ellos es de un 30 % para la remoción de hidrocarburos y un 40 % para la materia en suspensión [13], [16].
- **Mezclador:** Es el primer componente por donde pasa el residual dentro de las instalaciones del Tratamiento Físico - Químico. Es del tipo canal Parshall, metálico recubierto exteriormente con hormigón. En él se le incorpora al residual el sulfato de aluminio $(Al_2(SO_4)_3)_{(ac)}$ como coagulante y se logra la mezcla entre ambos [13], [16].
- **Flotadores:** Existen 2 flotadores que trabajan en paralelo y cada uno está constituido por un recipiente circular de hormigón con las siguientes dimensiones: diámetro igual a 9,0 m y la profundidad es 3,0 m. El flujo máximo es 375 m³/h (250 m³/h del tratamiento + 125 m³/h de

recirculación). El sistema de flotación está concebido para la separación de impurezas orgánicas e inorgánicas suspendidas y para la separación de las impurezas coloidales coaguladas. El método consiste en la recirculación del 50 % del agua que sale del flotador, a la cual se le inyecta aire a presión para formar una emulsión agua – aire de la cual se desprenden las burbujas de aire al llegar al flotador y en su ascenso elevan a la superficie del agua, los flóculos formados que son removidos posteriormente por una pala mecánica. Por diseño la eficiencia de ambos es de un 65 % en la remoción de los hidrocarburos y de un 40 % para la materia en suspensión [13], [16].

- **Estación de bombeo de recirculación de agua y dosificación de sulfato de aluminio:** Un volumen de agua tratada, equivalente al 50 % del agua residual que entra al Sistema de tratamiento se desvía hacia esta estación de bombeo, después de los flotadores. El agua recibida es succionada por las bombas. Las mismas poseen instalado en la succión un eyector para adicionar aire al agua entre 3 % y 5 % del volumen de agua recirculada. La emulsión agua-aire bombeada se dirige a los dos tanques de presión metálicos. El agua permanecerá en ellos entre 3 y 4 min sometida a una presión entre 4 y 5 atmósferas y luego continuará por una tubería a presión hasta el distribuidor de agua con 8 brazos fijos, ubicados en el fondo del flotador. En la estación de bombeo también se realiza la preparación del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_{3(\text{ac})}$ y el bombeo de la misma hacia el mezclador [13], [16].
- **Estación de bombeo de efluentes tratados:** Los efluentes tratados, después que salen del tratamiento físico - químico, pasan por la canalización a gravedad hasta esta estación de bombeo, desde donde se envían, mediante bombas, hacia la laguna de estabilización [13].
- **Laguna de estabilización:** A esta instalación llegan los efluentes tratados y se incorporan a la misma a través de las toberas aspersoras que permiten un mayor contacto del efluente con el aire. Está concebida por diseño para remover entre el 85 y el 90 % de la DBO_T que llegan a ella [13].
- **Emisario submarino:** Está construido con tubos de acero de 1,0 m de diámetro, una longitud de 500 m, cubierto por una capa de piedras y apoyado en el fondo del mar. Está diseñado para la descarga del agua residual, tratada en la piscina biológica, hacia la Bahía

de Cienfuegos, a una profundidad de aproximadamente 4,0 m y mediante 15 dispersores [13, 16].

En la tabla 2.5 se muestran las dimensiones y principales parámetros de cada uno de los equipos de ambos sistemas [13].

Tabla 2.5: Dimensiones y principales parámetros de los equipos del I o II Sistema

Equipo	Diámetro o ancho (m)	Longitud (m)	Altura o profundidad (m)	Cantidad de inst. (u)	Volumen Total (m ³)	Tiempo de Retención (h)	Flujo Máximo (m ³ /h)
SA	4,0(Superior)	--	3,45	2	54,0	26 min	250
SepA	12,0	36,0	2,43	1	828,0	3,31	250
SB	18,0	40,4	2,00	2	1 325,0	10,60	250
Flot	9,0	--	3,00	2	382,0	1,0	250
LE	173,0	239,0	2,0	1	86 082	12 días	300

2.2.1. Caracterización energética de la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería de Petróleo.

Se seleccionó esta Planta para el presente análisis energético por su importancia para el tratamiento de los efluentes generados durante el proceso de refinación y de esta manera disminuir a los niveles normados la carga contaminante al medio ambiente. Además el consumo eléctrico de la planta representa el 13,5 % del consumo global de la Refinería.

En la actualidad en la planta se registran los consumos totales de portadores energéticos y se maneja la intensidad energética como indicador de eficiencia a nivel de empresa, pero no se utilizan índices de consumo físicos por unidad de producción a nivel de planta.

Situación de la Planta en materia de gestión energética.

Impacto de los energéticos en los costos totales de la planta.

Tabla 2.6: Estructura de Gastos Año 2008

Componente	CUC/año	%
Electricidad	3147697,20	51,13
Mantenimiento	1070160,00	17,38
Amortización	996000,00	16,18
Salarios	393092,78	6,39
Reactivos	233158,05	3,79
Agua	142224,36	2,31
Impuestos	98273,20	1,60
Otros gastos	43937,25	0,71
Materiales	26808,14	0,44
Combustibles	5040,00	0,08
Total	6156390,98	100,00

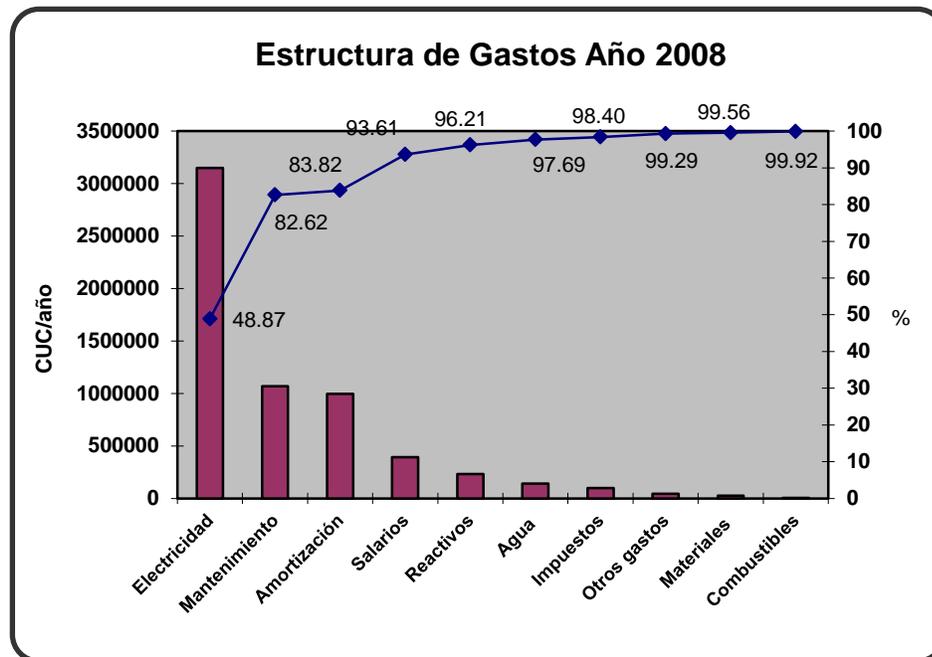


Fig. 1.4: Estructura de Gastos de la Planta

En el gráfico podemos apreciar que el gasto de energía eléctrica es el componente con mayor peso en la estructura general de gastos de la Planta, por lo que constituye una estrategia importante trabajar en la reducción de este costo con vistas a mejorar la eficiencia energética de la instalación, teniendo en cuenta que:

- Se produce un incremento de los volúmenes de agua a manejar por concepto de agua técnica, potable y contra incendios, así como de la cantidad de efluentes a tratar como consecuencia lógica de los planes para la ampliación de la Refinería. Esto presupone un aumento importante en el nivel de abastecimiento de agua a las nuevas instalaciones.
- Es un elemento de gasto sobre el cual la Planta puede actuar de forma positiva para su reducción.

Estructura de consumo de los portadores energéticos.

En el año 2009 se consumieron en portadores energéticos un total de 4002,7 toneladas de combustible convencional, desglosadas de la forma siguiente:

Tabla 2.7: Estructura de consumo de Portadores energéticos.

Portadores	TCC	%	% Acumulado
Electricidad	3997,15	99,86	99,86
Diesel	5,55	0,14	100
Total	4002,7	100	

Los elementos principales que caracterizan la gestión energética en la Planta son los siguientes:

- El Registro de los consumos energéticos es llevado diariamente por el área del Despacho Central y se analiza en el Consejo Diario de la Dirección las causas de las desviaciones del plan asignado a la instalación.
- El análisis de la eficiencia energética se realiza integralmente por la Dirección de la Planta y la Dirección Técnica de la Empresa.
- No se utilizan índices de consumo físicos. Solo se registran los consumos globales y se utiliza la intensidad energética como indicador de eficiencia.
- No está expresamente identificado el personal que más influye en la eficiencia energética. No están definidos los puestos claves y no hay índices y normas de consumo en ellos.
- Respecto a la instrumentación, se ejecuta un amplio plan inversionista para dotar a la instalación de un sistema de instrumentación eficiente que dé respuesta a las necesidades de operación y control de la unidad.

- Se trabaja en lograr mecanismos más efectivos para lograr la motivación por el ahorro de energía y agua.

A continuación se muestran los gráficos que permiten conocer la situación energética de la Planta de Tratamiento de Efluentes en los años 2008 y 2009.

2.2.1.1. Gráfico de control del consumo de electricidad en el año 2008.

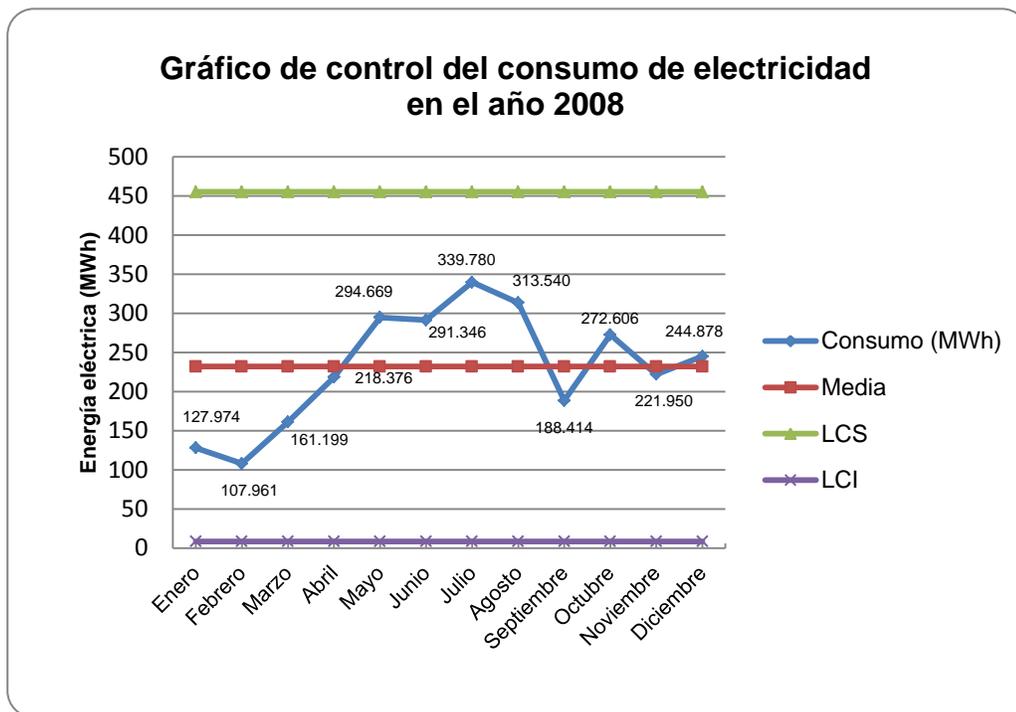


Fig. 2.4: Gráfico de control del consumo de electricidad en el año 2008

En la figura 2.4 se muestra el comportamiento de la energía eléctrica de la planta según los meses de año. Se puede apreciar que los meses de mayo, julio y agosto fueron los de mayor consumo eléctrico. Los meses que presentan un comportamiento positivo o una pendiente de la línea positiva indican un efecto negativo en el ahorro de energía eléctrica. Por ejemplo, el tramo entre los meses de febrero a abril es una línea ascendente pero no sobrepasa la línea de valor medio (x) de energía, aunque los consumos fueron mayores que en el mes de enero.

La línea $x + \delta$ indica el límite superior y $x - \delta$ el límite inferior, los valores situados por encima de la línea del límite superior son parámetros fuera de control y los valores dentro del rango son parámetros controlados. Generalmente el comportamiento del año 2008 fue bueno, ya que los parámetros se mantuvieron dentro de los límites establecidos.

2.2.1.2. Gráfico de control del consumo de electricidad en el año 2009.

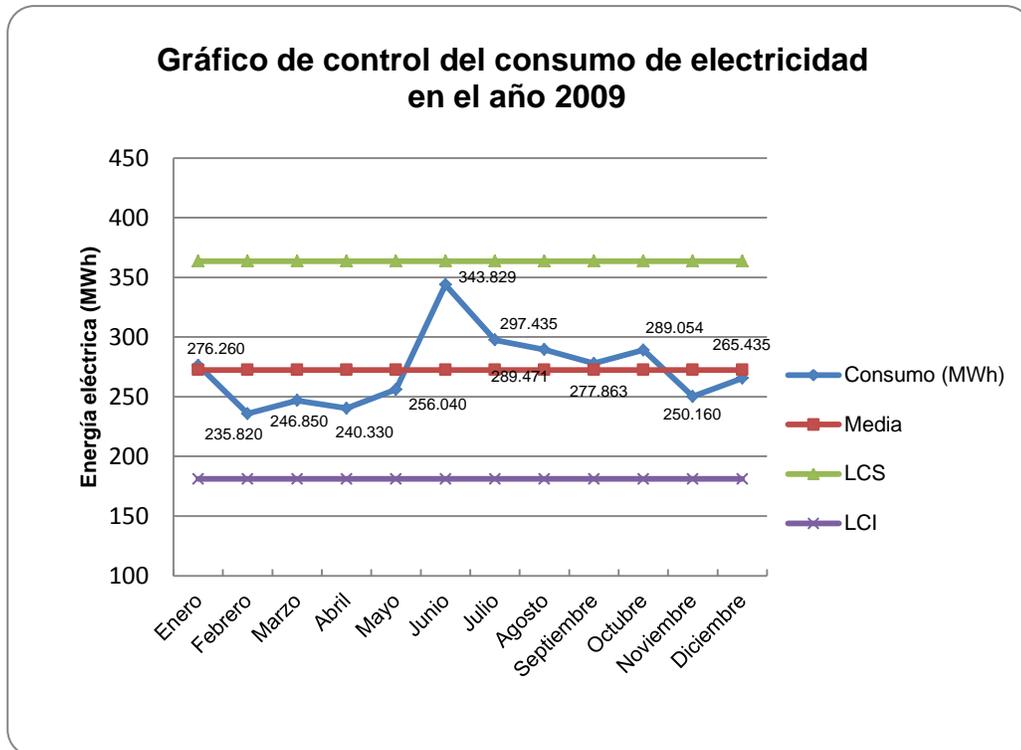


Fig. 2.5: Gráfico de control del consumo de electricidad en el año 2009.

En el año 2009 el comportamiento del consumo de electricidad de la planta fue más estable que en el año 2008. Se puede apreciar que los valores de consumo son bastante aproximados a la línea de control media (x) y solo en el caso del mes de junio este se acercó al límite de control superior, esto motivado por las lluvias y el consiguiente aumento de los volúmenes de efluentes tratados. Es notable que durante el período analizado los límites de control superior e inferior han disminuido lo que indica una mayor estabilidad del proceso.

2.2.1.3. Consumo de electricidad y volumen de efluentes tratados. Año 2008

En el siguiente gráfico se muestra el comportamiento del volumen de efluentes tratados y su relación con el consumo de electricidad durante el año 2008.

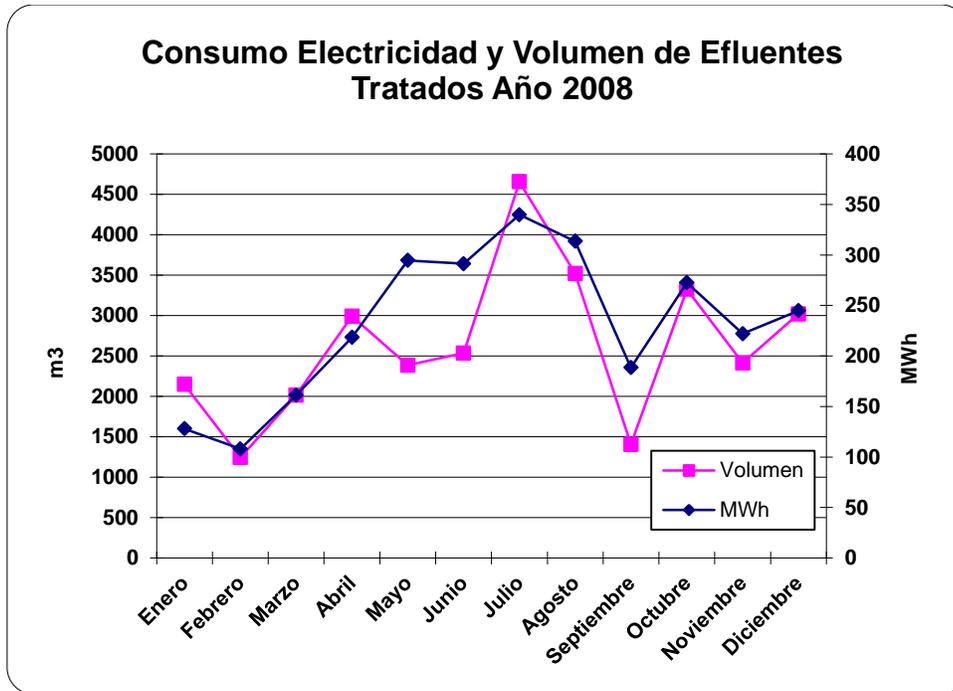


Fig. 2.6: Consumo de electricidad y volumen de efluentes tratados. Año 2008.

2.2.1.4. Diagrama de dispersión: Consumo de electricidad y volumen de efluentes tratados. Año 2008.

El diagrama de dispersión que se muestra en la figura 2.7, permite establecer la correlación existente entre el consumo mensual de electricidad y la producción:

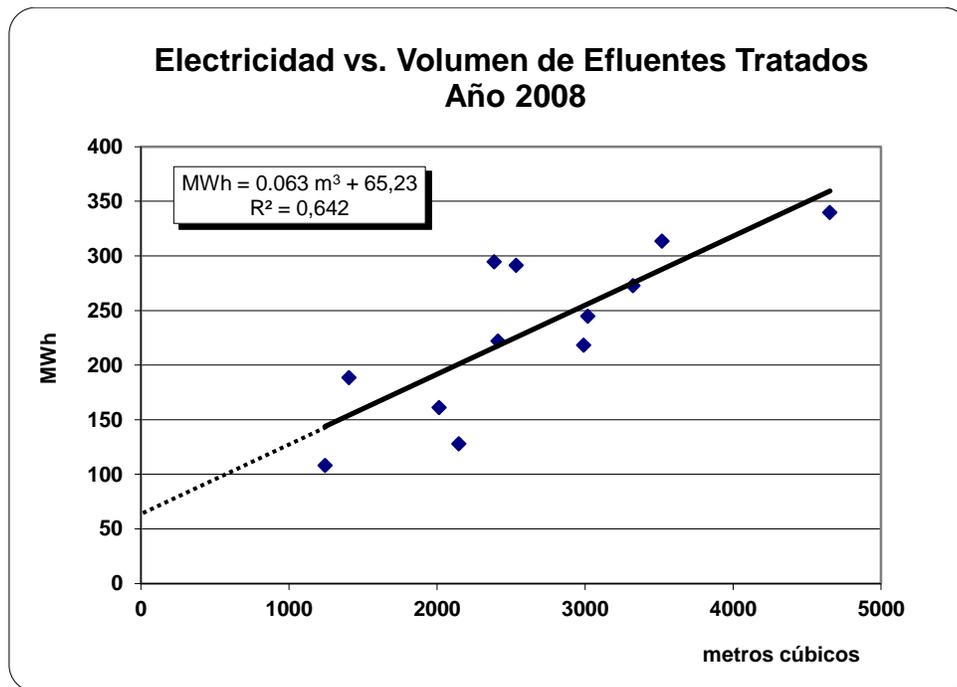


Fig. 2.7: Electricidad vs. Volumen de efluentes tratados. Año 2008.

En el diagrama se observa una tendencia a la correlación lineal entre el consumo de electricidad en MWh y el volumen de efluentes tratados en el período, que aunque el coeficiente de correlación es bajo, permite comenzar a utilizar el índice de consumo global MWh/m³ como indicador de eficiencia energética en el uso de la electricidad.

La expresión que caracteriza la relación entre consumo de electricidad y la producción en el año 2008, con un coeficiente $R^2 = 0,642$ es la siguiente:

$$\text{MWh} = 0,063 \text{ m}^3 + 65,23$$

El consumo fijo de electricidad no asociado a la producción en el año 2008 fue un promedio de 65,23 MWh/mes, lo que representa el 28% del consumo total de electricidad, valor significativo que está dado fundamentalmente por la carga de climatización, alumbrado y

preparación de reactivos, cuyos consumos no están asociados directamente al volumen de efluentes tratados en la instalación.

2.2.1.5. Índice de electricidad y volumen de efluentes tratados. Año 2008.

El comportamiento del índice de consumo de electricidad en el año 2008 se muestra en el siguiente gráfico:

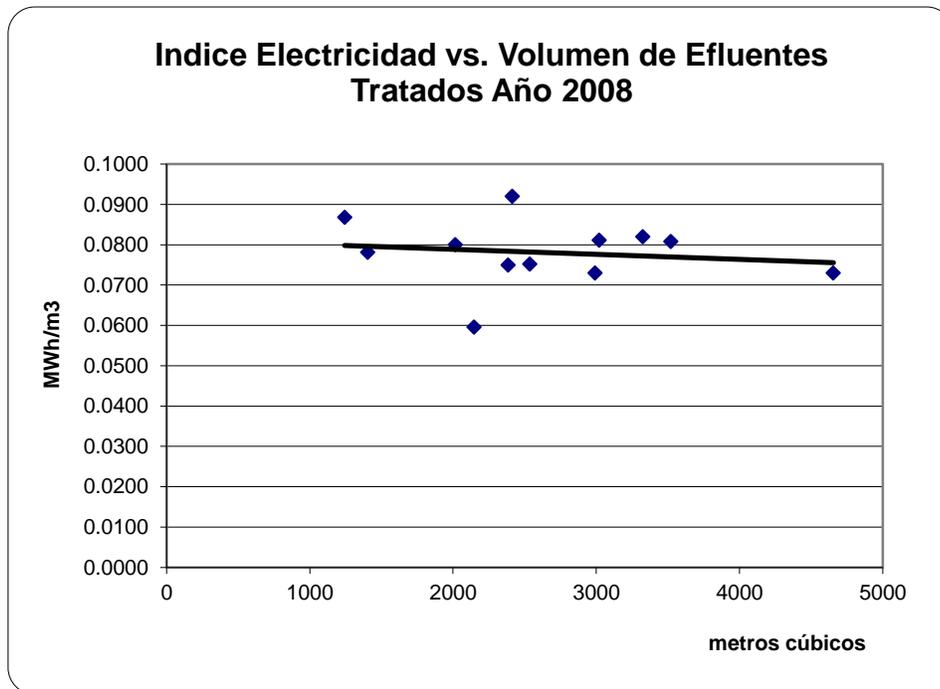


Fig. 2.8: Índice electricidad vs. Volumen de efluentes tratados. Año 2008.

En el gráfico se aprecia que a medida que aumenta el volumen de efluentes tratados, disminuye discretamente el índice de consumo.

La expresión que caracteriza el comportamiento del índice de consumo en función del nivel de producción para el año 2008 es:

$$IC_{\text{Electricidad}} = \text{MWh/m}^3 = 0,063 + 65,23 / \text{m}^3$$

Esta expresión se puede utilizar para establecer las bases de comparación entre el comportamiento alcanzado y un período anterior.

2.2.1.6. Consumo de electricidad y volumen de efluentes tratados. Año 2009.

Durante los cinco primeros meses del año 2009 se aprecia una mejor correlación entre la electricidad consumida y el volumen de efluentes tratados, como puede apreciarse en el siguiente gráfico:

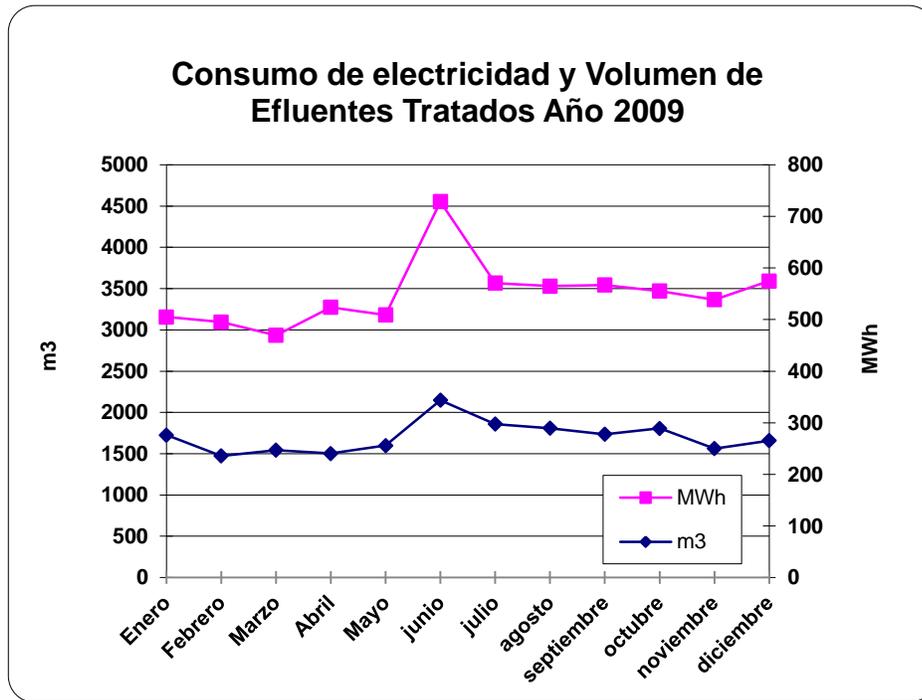


Fig. 2.9: Gráfico de energía y volumen de efluentes tratados. Año 2009

2.2.1.7. Diagrama de dispersión: Consumo de electricidad y volumen de efluentes tratados. Año 2009.

El diagrama de dispersión E vs V del año 2009 confirma la correlación lineal obtenida y la validez del índice de consumo global MWh/m³ como indicador de eficiencia energética en el consumo de electricidad.

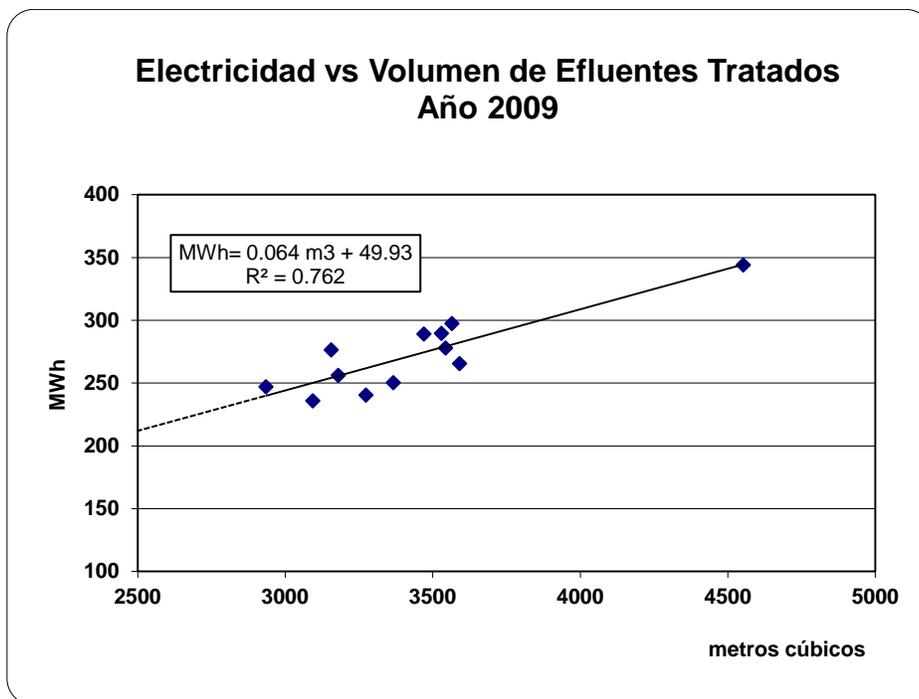


Fig. 2.10: Electricidad vs. Volumen de efluentes tratados. Año 2009.

2.2.1.8. Índice de consumo de electricidad en el 2009 con relación al año 2008.

La comparación entre el comportamiento del índice de consumo de electricidad durante el año 2009 con relación al año anterior indica resultados favorables como se puede apreciar en el gráfico siguiente:

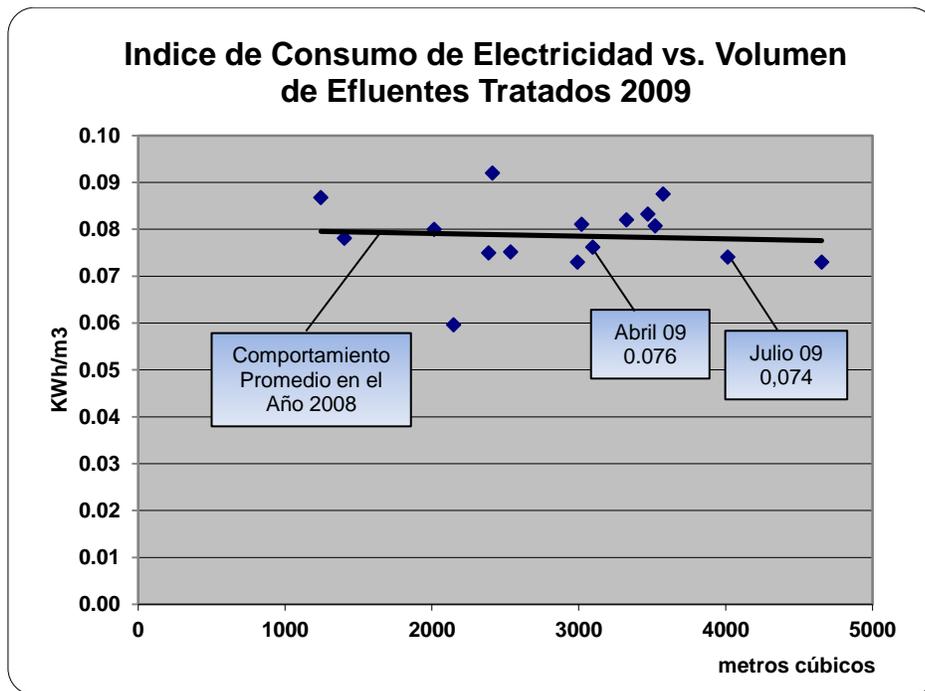


Fig. 2.11: Índice de consumo de electricidad vs. Volumen de efluentes tratados 2009.

2.2.1.9. Tendencia en el consumo de electricidad en el año 2009 con respecto al 2008.

Para analizar la tendencia en el consumo de electricidad del año 2009 con respecto al comportamiento promedio alcanzado en el 2008, se aplicó el método de las sumas acumulativas, al cual permite comparar los consumos para el mismo nivel de producción.

Tabla 2.8: Tendencia en el consumo de electricidad en el año 2009 con respecto al 2009.

Mes	Volumen tratado m³	Consumo real MWh	Consumo calculado MWh	Diferencia MWh	Suma Acumulativa MWh
Enero 2009	3573,9	276,260	281,621	-5,361	-2,502
Febrero 2009	3094,8	235,820	243,866	-8,046	-10,548
Marzo 2009	2935,2	246,850	231,293	15,557	5,008
Abril 2009	3094,8	240,330	243,866	-3,536	1,472
Mayo 2009	3180,6	256,040	250,633	5,407	6,879
Junio 2009	4554,0	343,829	358,857	-15,028	-8,149
Julio 2009	4014,0	297,435	316,301	-18,866	-27,015
Agosto 2009	3530,1	289,471	278,175	11,296	-15,718
Septiembre 2009	3544,2	277,863	279,281	-1,418	-17,136
Octubre 2009	3471,3	289,054	273,537	15,517	-1,619
Noviembre 2009	3366,9	250,160	265,311	-15,151	-16,770
Diciembre 2009	3591,8	265,435	283,035	-17,600	-34,370

En varios meses del año 2009 se aprecian ahorros de electricidad con respecto al comportamiento medio alcanzado en el 2008 y niveles de producción equivalentes, sin embargo no hay un ahorro sostenido durante todo el período manifestándose diferencias, cuya causa radica en la discontinuidad en las operaciones del proceso de tratamiento. Al finalizar el mes de diciembre se contaba con un ahorro acumulado de 34,37 MWh, tal y como se muestra en la tabla 2.8 y en la figura 2.12.

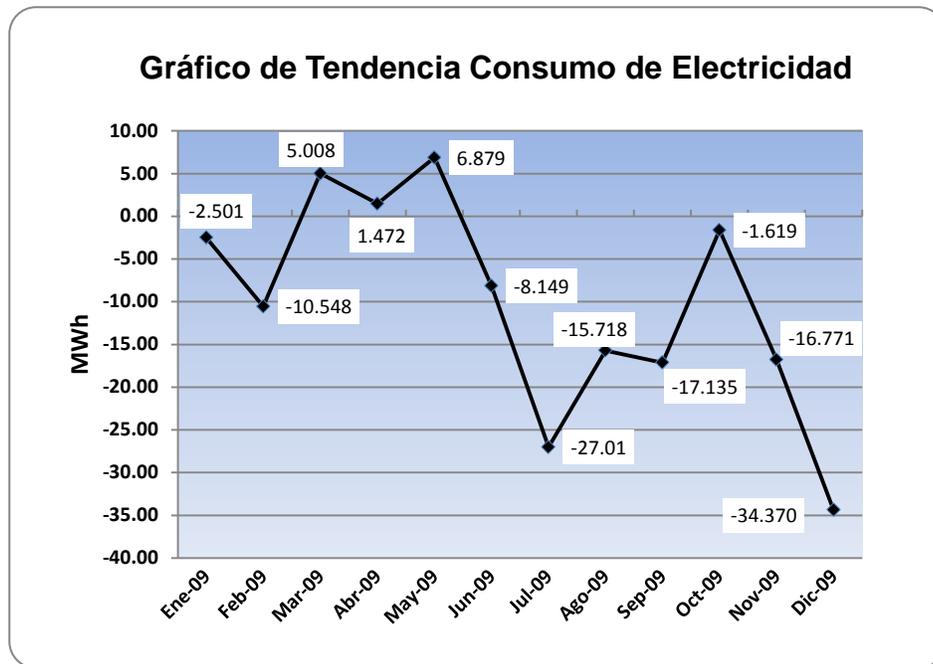


Fig. 2.12: Tendencia en el consumo de electricidad del 2009 con relación al 2008

La confección de un Diagrama de Pareto para los equipos del Título 121 (Fig. 2.13) nos permite identificar el 20 % de los equipos que producen el 80 % del consumo eléctrico del área.

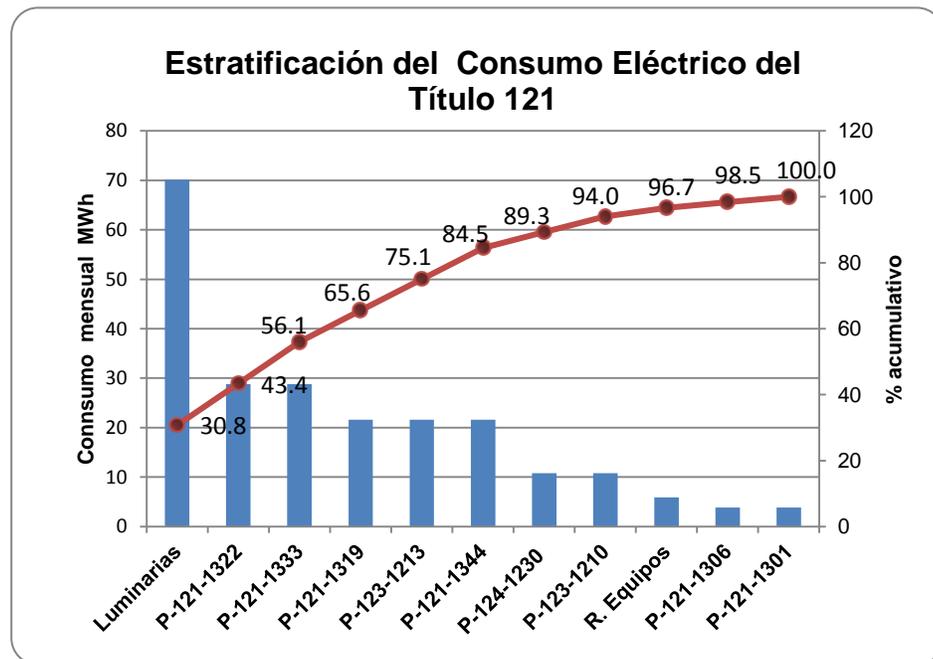


Fig. 2.13: Estratificación del Consumo Eléctrico del Título 121.

2.2.2. Monitoreo y control actual en la Planta de Tratamiento de Efluentes.

Los consumos de energía eléctrica de la planta se miden y registran en la Subestación Principal de la Refinería, donde se dispone centralizadamente de la información sobre los consumos de los diferentes centros de costo de la energía de las plantas que poseen sus propios metrocontadores.

A partir de la información de la producción se realiza el análisis diario del cumplimiento del plan asignado. De esta manera se logra la identificación de las causas de las desviaciones y se toman las medidas adecuadas para corregirlas, materializándose en acciones concretas encaminadas a reducir el consumo.

Conclusiones parciales:

1. Al comparar los gráficos de control de consumo de electricidad de los años 2008 y 2009, se puede apreciar que en este último disminuyeron los límites de control superior e inferior, lo que indica una mayor estabilidad del proceso.
2. En el diagrama de dispersión del año 2009, se obtiene un $R^2 > 0.75$, permitiendo afirmar que existe una adecuada correlación entre la energía consumida y el volumen de efluentes tratados, siendo la ecuación que la caracteriza:

$$\text{MWh/m}^3 = 0,064 + 49.93 / \text{m}^3$$

3. En varios meses del año 2009, se aprecian ahorros de electricidad con respecto al comportamiento medio alcanzado en el 2008 para niveles de producción equivalentes; sin embargo, no hay un ahorro sostenido durante todo el período cuya causa radica en la discontinuidad de las operaciones del proceso de tratamiento.

Capítulo III: Propuesta de los elementos básicos para un Sistema de Gestión Energética para la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería de Petróleo.

3.1. Diagnósticos o auditorías energéticas.

El diagnóstico o auditoría energética constituye una etapa básica, de máxima importancia dentro de las actividades incluidas en la organización, seguimiento y evaluación de un programa de ahorro y uso eficiente de energía, el que a su vez constituye la pieza fundamental en un sistema de gestión energética.

El diagnóstico o auditoría energética constituye la herramienta básica para saber cuánto, cómo, dónde y por qué se consume la energía dentro de la empresa, para establecer el grado de eficiencia en su utilización, para identificar los principales potenciales de ahorro energético y para definir los posibles proyectos de mejora de la eficiencia energética.

Objetivos del diagnóstico energético:

1. Evaluar cuantitativamente y cualitativamente el consumo de energía.
2. Determinar la eficiencia energética, pérdidas o despilfarros de energía en equipos y procesos.
3. Identificar potenciales de ahorro energético y económico.
4. Establecer indicadores energéticos de control y estrategias de operación y mantenimiento.
5. Definir posibles medidas y proyectos para ahorrar energía y reducir costos energéticos, evaluados técnica y económicamente.

Tipos de diagnósticos energéticos.

Diagnóstico energético preliminar.

Consiste en una inspección visual de las instalaciones energéticas de la planta, en la observación de parámetros de operación, en el análisis de los registros de operación y mantenimiento, así como de la información estadística global de consumos y facturaciones por concepto de electricidad, combustibles y agua.

Diagnóstico energético de Nivel 1 (DEN 1):

Consiste esencialmente en una recolección de información y su análisis, poniendo el énfasis fundamental en la identificación de fuentes de posible mejoramiento en el uso de energía.

El DEN 1 se centra en el análisis de los equipos y sistemas de conversión primaria y distribución de energía, los equipos auxiliares, sin abarcar los procesos tecnológicos. Analiza principalmente sistemas tales como generación y distribución de vapor, generación y suministro de electricidad, sistemas de refrigeración, aire acondicionado, agua, aire comprimido, iluminación, etc.

Diagnóstico energético de Nivel 2 (DEN 2):

Este tipo de diagnóstico abarca todos los sistemas energéticos, tanto equipos de conversión primaria y distribución, como del proceso tecnológico. Incluye además, los aspectos de mantenimiento y control automático relacionados con el ahorro y uso eficiente de la energía.

[17].

3.2. Diagnóstico energético. Prueba de necesidad.

Para alcanzar el éxito en cualquier empresa es vital desarrollar una acción de control que permita coincidir los resultados con los objetivos propuestos. Para ello es necesario tener bien definido cuál es el objetivo a lograr, medir el resultado, tener herramientas que permitan comparar los resultados con el estándar e identificar las causas de sus desviaciones y variables de control, sobre las cuales actuar para acercar el resultado al estándar [17].

Aunque en muchas ocasiones las empresas realizan diversos registros de los indicadores energéticos, en la mayoría de los casos los resultados solamente se emplean a modo de información, al no contar con un sistema de control, desaprovechando la oportunidad de realizar un buen análisis que permita disminuir el consumo energético y en consecuencia, aminorar los costos.

Es por ello que es tan importante el control de cualquier proceso, ya que constantemente los procesos sufren desviaciones que deben ser corregidas. Si se tiene en cuenta, además, que la acción del hombre sobre el proceso es imperfecta y los equipos fallan o se deterioran con el tiempo, un control adecuado permite identificar todas las desviaciones y corregir las que

sean posibles, señalando cuándo se hace necesario efectuar una mejora general en el proceso [17].

Cuando se trata de la eficiencia energética, cobra mayor importancia el control debido a:

- Factores internos y externos al proceso que influyen en la variación de la eficiencia y el consumo de energía de los equipos y sistemas (niveles de producción, características de los productos y servicios, calidad de la materia prima, temperatura ambiente, entre otros).
- El precio de la energía cambia, provocando el cambio en los estándares.
- El estado técnico de los equipos consumidores cambia, produciendo cambios en los resultados.
- La actitud, motivación y nivel de competencia del personal que decide en la eficiencia energética se modifica con el tiempo.

Sólo un sistema de control energético puede mantener la atención sobre estos aspectos y lograr hacer coincidir los resultados en materia de eficiencia energética con los estándares o metas fijas [17].

3.3. Características básicas del Sistema de Monitoreo y Control Energético.

Un Sistema de Monitoreo y Control Energético (SMCE), no es más que un sistema que permite organizar la recolección de datos históricos de los portadores energéticos, de manera tal que, se puedan establecer estándares para comparar con los resultados regularmente tomados en un período de tiempo. Esta comparación de los datos, permitirá establecer nuevos procedimientos o realizar nuevas inversiones para alcanzar el ahorro energético. En la figura 3.1 que se muestra a continuación, se puede apreciar el esquema estructural de un SMCE, según la bibliografía consultada [17], [18].

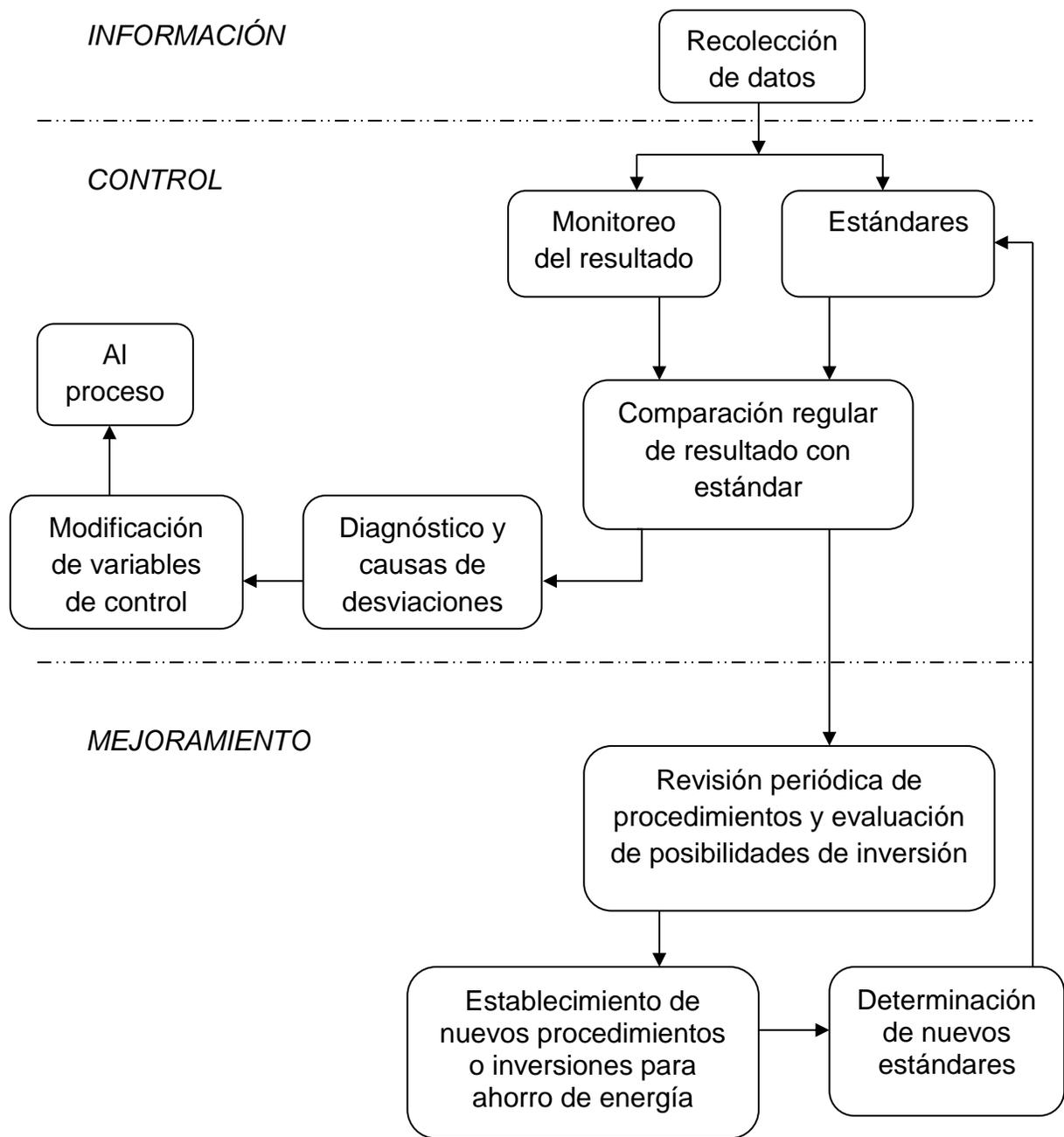


Fig. 3.1: Esquema General de un Sistema de Monitoreo y Control Energético.

3.3.1. Proceso de Información.

La actividad fundamental de un sistema de monitoreo y control energético es la recolección de la información de los datos necesarios para evaluar el comportamiento energético de la instalación.

Generalmente en este tipo de planta los datos imprescindibles para la organización de un sistema de monitoreo y control energético están definidos en la tablas 3.2 Variables energéticas y la tabla 3.3 Variables de producción

3.3.2. Proceso de control.

Durante la organización del proceso de control, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Establecer los lugares de control (áreas, equipos).
2. Establecer los indicadores de control.
3. Establecer herramientas de medición de indicadores de control.
4. Establecer estándares.
5. Establecer herramientas de comparación de indicadores con estándares.
6. Establecer herramientas para la determinación de las causas de la desviación del indicador respecto al estándar.
7. Establecer las variables de control. **[17], [19]**

Por otra parte en su ejecución, el proceso de control, consta de las siguientes etapas:

1. Recolección de datos.
2. Determinación del resultado.
3. Comparación del resultado con los estándares.
4. Ejecución del diagnóstico de causas de derivaciones.

5. Modificación de las variables de control o corrección de desviaciones. [17]

En los sistemas de control energético se recomienda emplear el método de control selectivo, donde se seleccionan las áreas y equipos, en dependencia de la estructura de consumo y de las pérdidas energéticas de la empresa. Por tanto, se cubre el 20% de las áreas o equipos que producen el 80% del consumo de energía. Se incluye además, el control por excepción, el cual se realiza en aquellas áreas o equipos que tienen tendencia a las mayores desviaciones. [17]

3.3.3. Proceso de mejoramiento.

La etapa de mejoramiento del proceso, tiene como objetivo realizar una revisión periódica de los procedimientos y la evaluación técnico-económica de las posibilidades de inversión que producirían un cambio en los estándares y en los resultados del control frecuente. Este proceso se realiza cuando la acción sobre las variables de control no es suficiente para corregir las constantes variaciones que en este se presentan. [17]

3.4. Elementos básicos del SMCE para la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería de Petróleo.

Se pretende desarrollar una técnica gerencial para el control de los costos energéticos que permita identificar potenciales de ahorro e implementar medidas orientadas a incrementar la eficiencia global de la planta, con relativamente bajos costos de inversión.

Diagnóstico preliminar de la PTR.

Para la ejecución de este trabajo, inicialmente se efectuó un diagnóstico preliminar o diagnóstico de recorrido, con el objetivo de realizar una inspección visual del estado de las instalaciones, la observación de los parámetros de operación, el análisis de los registros de operación y mantenimiento, así como la información estadística de los consumos y costos de los portadores, tales como electricidad, combustibles y agua, como se muestra en la tabla 3.1:

Tabla 3.1: Consumo de portadores energéticos.

Portador	UM	Cantidad
Electricidad	MWh	10621,857
Agua	m ³	284448
Combustibles	t	1,02

3.4.1. Fase de información en el SMCE de la PTR.

Durante esta fase se toman todos los datos que permitan obtener la información adecuada para evaluar el comportamiento energético de la planta. Estos datos se obtienen a partir del informe diario generado por el sistema automatizado de control de la planta (Ver anexos B, C y D) y los datos de consumo eléctrico suministrados por la Subestación Principal (Título 80), los cuales son introducidos en las hojas de Excel diseñadas para el registro de la información y su posterior análisis. En el caso particular de la PTR, los datos con los que se propone trabajar son los que se muestran en las tablas 3.2 y 3.3:

Tabla 3.2: Variables energéticas.

<u>Variables energéticas</u>						
Número	Nombre de la variable	Símbolo	Magnitud	Unidades	Costo	Unidades Pesos
1	Energía eléctrica	E.E.		MWh		

Tabla 3.3: Variables de producción.

<u>Variables de producción</u>						
Número	Nombre de la variable	Símbolo	Magnitud	Unidades	Costo	Unidades Pesos
1	Volumen de agua bombeada a los sistemas de enfriamiento	ABSE		m ³		

2	Volumen de efluentes tratados	VET		m ³		
3	Volumen de agua bombeada a los sistemas de agua técnica, potable y contraincendio	VASAT		m ³		

Se tendrán en cuenta además, para los futuros análisis el tiempo de trabajo de los equipos y los valores de diseño de los equipos e instalaciones, fundamentalmente para las bombas.

3.4.2. Fase de control en el SMCE de la PTR.

En la fase de control del SMCE, se aplican las herramientas para el monitoreo de los resultados que permiten medir la eficiencia del uso de los diferentes portadores energéticos.

Las herramientas más comunes que se utilizan son las siguientes:

- Diagrama energético-productivo.
- Gráficos de control.
- Gráfico de consumo y producción en el tiempo.
- Diagramas de dispersión y correlación.
- Diagramas de consumo-producción.
- Diagrama índice de consumo-producción.
- Gráficos de tendencia o de sumas acumulativas.
- Diagrama de Pareto.
- Estratificación.

Para la fase de control en el SMCE de la PTR, las herramientas que se proponen utilizar son las siguientes [18]:

1. **Gráfico de control:** este gráfico permite observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Se usa como instrumento de autocontrol y resulta muy útil como complemento a los diagramas causa-efecto, para detectar en

cuales fases del proceso analizado se producen las alteraciones. En este caso, se realizarán los gráficos de control como los que se muestran en las fig. 2.4 y 2.5.

2. Gráfico de consumo y producción en el tiempo: a partir de este gráfico se modela el comportamiento del consumo de energía en los diferentes sistemas, en determinado intervalo de tiempo, el cual puede ser un día, semana, mes o año. A través de este gráfico se podrán identificar los comportamientos anormales de los consumos de energía en el tiempo. Para el SMCE de la PTR, se proponen realizar:

- Gráficos de consumo de electricidad vs. volumen de efluentes tratados en el tiempo, ver fig. 2.6 y 2.9
- Gráficos de consumo de electricidad vs. volumen bombeado de agua de enfriamiento en el tiempo.
- Gráficos de consumo de electricidad vs. volumen bombeado a los sistemas de agua técnica, potable y contra incendios en el tiempo.

3. Diagramas de consumo-producción: estos gráficos permiten determinar en qué medida la variación de los consumos energéticos se deben a variaciones de producción, si los componentes de un indicador de consumo de energía están correlacionados entre sí y por tanto, si el indicador puede ser válido o no ($R^2 \geq 0,75$) y además, determinar cuantitativamente el valor de la energía no asociada a la producción. Los diagramas de consumo producción que se proponen realizar son los siguientes:

- Consumo de electricidad vs. volumen de efluentes tratados, tal y como se muestra en las fig. 2.7 y 2.10.
- Consumo de electricidad vs. volumen bombeado de agua de enfriamiento.
- Consumo de electricidad vs. volumen bombeado a los sistemas de agua técnica, potable y contra incendios.

4. Diagramas índice de consumo-producción: se emplean con el propósito de evaluar el comportamiento de la eficiencia energética de la empresa en un período de tiempo dado, determinar factores que influyen en las variaciones del índice de consumo a

nivel de empresa, área o equipo. Para la PTR, se proponen los siguientes diagramas de índice de consumo producción.

- Índice de electricidad vs. volumen de efluentes tratados, según las fig. 2.8 y 2.11.
- Índice de electricidad vs. volumen bombeado de agua de enfriamiento.
- Índice de electricidad vs. volumen bombeado a los sistemas de agua técnica, potable y contra incendios.

5. Gráficos de tendencia o de sumas acumulativas: permiten monitorear la tendencia de la planta en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto a un período base de comparación dado. A partir de estos se puede determinar cuantitativamente la magnitud de la energía que se ha dejado de consumir o se ha consumido en exceso con relación al comportamiento del período base hasta el momento de su actualización. Se proponen realizar los siguientes gráficos:

- Gráfico de tendencia del consumo de electricidad en los sistemas de tratamiento de efluentes, como indica la figura 2.12.
- Gráfico de tendencia del consumo de electricidad en los sistemas de agua de enfriamiento.
- Gráfico de tendencia del consumo de electricidad en los sistemas de bombeo de agua técnica, potable y contra incendios.

6. Diagrama de Pareto: este diagrama permite identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno, como puede ser: los mayores consumidores de energía de la fábrica, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos. Es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80-20, que identifica el 20% de las causas que provocan el 80% de los efectos de cualquier fenómeno estudiado. Para el SMCE que se propone, se realizaría los siguientes Diagramas de Pareto:

- Estructura del consumo eléctrico de los sistemas de tratamiento de efluentes, como se muestra en la fig. 2.13.
- Estructura del consumo eléctrico de los sistemas de agua de enfriamiento.
- Estructura del consumo eléctrico de los sistemas de bombeo de agua técnica, potable y contra incendios.

3.4.2.1. Definición de los estándares.

El método se basa en tomar los gráficos de dispersión-correlación de los consumos energéticos en función de la producción para un período dado (día, semana, años) ver figuras 2.7 y 2.10 Capítulo II epígrafes 2.2.1.4 y 2.2.1.7. Las gráficas muestran los ajustes lineales de los puntos energéticos históricos, esto pasa porque el consumo energético es directamente proporcional a la producción ($E \propto P$). Esto quiere decir que del modo en que crece una de las dos variables la otra crece igualmente. La importancia que tiene esta gráfica es que se da la ecuación de energía en función de la producción para la planta analizada. En este caso, la figura 2.10 muestra la ecuación:

$$y = 0,064x + 49,93 \quad (\text{ec. 3.1})$$
$$R^2 = 0,762$$

Donde:

y – consumo de energía en el período seleccionado

x – producción asociada en el período seleccionado

0,064 – pendiente de la recta que significa la razón de cambio medio del consumo de energía respecto a la producción.

49,93 – el valor del intercepto de la línea en el eje y, que significa la energía no asociada a la producción.

0,064x – es la energía utilizada en el proceso productivo.

El R^2 es una forma de mostrar si la correlación de valores tiene validez, se calcula a partir del método de mínimos cuadrados o con algún paquete estadístico para determinar el coeficiente de correlación entre la energía consumida y la producción. Es considerado bueno si su $R^2 \geq 0,75$.

Las gráficas de IC vs. Producción son gráficas de dispersión correlación que muestran el comportamiento del índice de consumo energético contra producción (ver las figuras 2.8 y 2.11 capítulo II epígrafes 2.2.1.5 y 2.2.1.8). Se observa la influencia del nivel de producción sobre el índice de consumo, donde se aprecia una discreta disminución del índice de

consumo al aumentar el nivel de producción realizada. En la medida que el nivel de producción aumenta, el índice de consumo disminuye, esto quiere decir que IC es inversamente proporcional a la producción ($IC \propto 1/P$).

En la figura 2.8 se muestra el comportamiento del año 2008, los puntos representan los valores reales tomados en ese año, los valores que están por debajo de la curva de IC son los deseados porque representan un ahorro en el consumo energético, es decir, se consumió menos energía que la necesaria según los mejores valores obtenidos y los valores teóricos representados en la gráfica. Los valores representados encima de la curva teórica no son los deseados, ya que indican simplemente un gasto innecesario para un nivel de producción dado. Estos puntos son los que hay que evaluar y controlar.

La Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería de Petróleo es una planta construida especialmente para las características de la Empresa, por eso no se dispone de estándares establecidos para el comportamiento energético en este tipo de instalación en el país.

El estándar se que se propone será a partir de los mejores valores del comportamiento histórico.

3.4.2.2. Comparación de los resultados con los estándares.

En la fase de control se hace necesario comparar los resultados obtenidos en el proceso de monitoreo con los estándares fijados para este tipo de instalación. Aquí es importante volver a recordar que los mejores estándares o normas corresponden a los obtenidos de los gráficos de Índices de Consumo - Producción, cuyos datos de base son mediciones reales a lo largo de la historia de trabajo de la planta. En la figura 2.8 del Capítulo II epígrafe 2.2.1.5 se aprecia que el indicador varía con el nivel de producción. Para el caso que se analiza: Planta de Tratamiento de Efluentes, se desea comparar los MWh/m^3 de efluentes tratados con el valor obtenido del índice de consumo en figura 2.8 para el mismo nivel de producción.

En el sistema de monitoreo y control, al realizar la comparación del resultado con el estándar, surgen dos alternativas:

El resultado es mayor que la norma o estándar.

El resultado obtenido es menor que el estándar o norma.

Se analiza a continuación qué hacer en cada caso y como proceder en cada alternativa. En el primer caso, cuando el resultado es superior que el estándar o norma se debe proceder al diagnóstico y determinación de las causas de la desviación. Una vez conocidas estas, se procede a la modificación de las variables de control y se inicia de nuevo el monitoreo de los resultados tal como se muestra en la figura 2.8.

Si el resultado obtenido es inferior a la norma o estándar, y esto se repetirá de forma sistemática, se está en presencia de un sistema controlado y ello da la posibilidad de ir a un mejoramiento del proceso. En el cual se puede incluir la evaluación de inversiones para el ahorro de energía y la definición de nuevas normas o estándares. Esta última etapa forma parte de la fase de mejoramiento.

Conclusiones parciales:

1. Se muestran los elementos básicos para la puesta en marcha de un sistema de monitoreo y control energético, que permite diariamente la toma de decisiones para la administración energética en la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería de Petróleo.
2. Sustenta el procesamiento de la información de consumos energéticos y valores de la producción un programa básico elaborado en EXCEL que permite la obtención de las gráficas fundamentales del estado energético de la PTR.
3. Se establece como estándar la ecuación $MWh = 0,064 m^3 + 49,93$, la cual se podrá emplear para comparar con los resultados que se obtengan en nuevos análisis.

Conclusiones

1. La Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos, efectúa el registro diario y mensual del consumo de los portadores energéticos, comparando el consumo real con el consumo planificado para el período analizado, pero no dispone de un sistema de monitoreo y control de la energía que permita evaluar sistemáticamente la eficiencia energética en las instalaciones.
2. Al realizar la caracterización energética de la Planta de Tratamiento de Efluentes, se puede apreciar que el comportamiento del año 2009, resulta más favorable que el del 2008, ya que en el diagrama de dispersión del 2009, se obtiene un $R^2 > 0,75$, permitiendo afirmar que existe una adecuada correlación entre la energía consumida y el volumen de efluentes tratados.
3. Se establecen los elementos básicos del SMCE, que debe asumir la Planta de Tratamiento de Efluentes, para elevar la eficiencia energética de las instalaciones.
4. Se propone dentro de los elementos básicos del SMCE, establecer como estándar, la ecuación siguiente: $MWh = 0,064 * m^3 + 49,93$; la cual servirá de base para comparar los resultados de nuevos análisis.

Recomendaciones

1. Proponer a la Dirección de la Empresa la implantación del modelo Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía, desarrollado por el CEEMA de la Universidad de Cienfuegos, que permite establecer nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro, conservación y reducción de los costos energéticos de la Empresa.
2. Implementar los Elementos Básicos del Sistema de Monitoreo y Control Energético propuesto, basado en la filosofía del mejoramiento continuo, para elevar la eficiencia energética de la instalación, reducir los consumos energéticos, el impacto ambiental y elevar la competitividad de las instalaciones.

Bibliografía

1. Del Sol, M., in Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. 2005, Universidad de Cienfuegos: Cienfuegos.
2. Ministros., C.E.d.C.d., Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía. 1993, Cuba.
3. Petroleum, B. Statistical Review of World Energy. 2005 [cited; Available from: www.bp.com].
4. González, P.F.y.c., Energía y Desarrollo Sostenible. 2006, La Habana, Cuba: Editorial Política. 47, 94 pp.
5. Climate, W.I.f. Environment and Energy. 2006 [cited 23 enero 2007]; Available from: www.wuppreinst.org.
6. Turrini, E., El Camino del Sol. 1999, La Habana, Cuba: Editorial Cubasolar.
7. Change, P.C.o.G.C., Climate Data: Insights and observations. 2004.
8. Cambio Climático: El Rol de la Argentina. [cited 23 enero 2007]; Available from: www.worldbank.org.
9. Cumbre Energética Suramericana, un encuentro que busca luchar contra la pobreza y las asimetrías. [cited 18 marzo 2007]; Available from: www.telesurtv.net.
10. Berriz, L., La Revolución Energética en Cuba., in Revista Cubasolar. 2007.
11. Sistemas de Monitoreo para Control y Ahorro de Energía Eléctrica., in XIV Seminario de Ahorro de Energía, Cogeneración y Energía Renovable, CONAE. 2008: México, D.F.
12. Rodríguez, J., Instrucción Inicial Específica del Sector Agua y Tratamiento., D.d. Operaciones., Editor. 2007, Refinería de Petróleo "Camilo Cienfuegos". Cienfuegos, Cuba.
13. López, M., Solicitud de Licencia Ambiental. Reactivación de la Refinería de Cienfuegos, D. Técnica, Editor. 2006, Refinería de Petróleo "Camilo Cienfuegos" Cienfuegos, Cuba. p. 1, 12-16.
14. Rodríguez, J., Manual de Operaciones de la Planta de Abasto de Agua y Tratamiento de Residuales., D.d. Operaciones., Editor. 2008, Refinería de Petróleo "Camilo Cienfuegos", Cienfuegos, Cuba.

15. Pérez, J., *Estudio de Impacto Ambiental de la Refinería de Petróleo "Camilo Cienfuegos"*. G. Estudios Marinos y Filial de Investigación y Consultoría, Cuba, Editor. 2006. p. 5, 26-38.
16. López, M., *Tratamiento de Residuales en Refinerías de Petróleo*. 1988, Refinería de Petróleo "Camilo Cienfuegos": Cienfuegos, Cuba.
17. Borroto, A., *Gestión y Economía Energética*. 2006, Cienfuegos, Cuba.: Editorial UNIVERSO SUR.
18. Autores, C.d., *Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector refino de petróleo*. 2004, Ministerio de Medio Ambiente, España.
19. Rolle-Whymys, K., *Propuesta de Sistema de Monitoreo y Control Energético para el Sector Turístico Cubano. Estudio de caso: Hotel "Pasacaballo"*. in CEEMA. 2006, Universidad de Cienfuegos: Cienfuegos, Cuba.

Anexos

Anexo A: Datos correspondientes a las gráficas del capítulo II.

Anexo B: Tabla para el cálculo de los índices de consumo.

Anexo C: Modelo para el registro del consumo eléctrico.

Anexo D: Modelo para el registro del consumo de agua.

Anexo A: Datos correspondientes a los gráficos del capítulo II.

1. Consumo de electricidad y volumen de efluentes tratados. Año 2008.
2. Electricidad vs. Volumen de efluentes tratados. Año 2008.
3. índice electricidad vs. Volumen de efluentes tratados año 2008.

Mes	Volumen Tratado, m3	Consumo eléctrico, MWh	Indice de consumo, MWh/m3
Enero	2147.1	127.974	0.0596
Febrero	1243.8	107.961	0.0868
Marzo	2015.0	161.199	0.0800
Abril	2991.5	218.376	0.0730
Mayo	2385.5	294.669	0.0750
Junio	2535.2	291.346	0.0752
Julio	4654.5	339.780	0.0730
Agosto	3520.0	313.540	0.0808
Septiembre	1405.0	188.414	0.0781
Octubre	3324.5	272.606	0.0820
Noviembre	2412.5	221.950	0.0920
Diciembre	3019.5	244.878	0.0811

Datos para los gráficos:

1. Gráfico de energía y volumen. Año 2009.
2. Electricidad vs. Volumen de efluentes tratados. Año 2009.
3. Índice de consumo de electricidad vs. Volumen de efluentes tratados año 2009.

Mes	Volumen Tratado, m3	Consumo eléctrico, MWh	Índice de consumo, MWh/m3
Enero	3157.3	276.260	0.0875
Febrero	3094.8	235.820	0.0762
Marzo	2935.2	246.850	0.0841
Abril	3274.3	240.330	0.0734
Mayo	3180.6	256.040	0.0805
Junio	4554.0	343.829	0.0755
Julio	3566.4	297.435	0.0834
Agosto	3530.1	289.471	0.0820
Septiembre	3544.2	277.863	0.0784
Octubre	3471.3	289.054	0.0833
Noviembre	3366.9	250.160	0.0743
Diciembre	3591.8	265.435	0.0739

Datos para el gráfico: Estructura de Consumo de Electricidad Planta de Tratamiento de Efluentes.

Equipos	Consumo mensual	% Acumulativo
Luminarias	70.08	30.8
P-121-1322	28.8	43.4
P-121-1333	28.8	56.1
P-121-1319	21.6	65.6
P-123-1213	21.6	75.1
P-121-1344	21.6	84.5
P-124-1230	10.8	89.3
P-123-1210	10.8	94.0
R. Equipos	5.9	96.7
P-121-1306	3.84	98.5
P-121-1301	3.84	100.0

Datos para los gráficos de control:

1. Gráfico de control de consumo de electricidad en el año 2008.

Meses	Consumo	Media	LCS	LCI
Enero	127.974	231.891	455.176	8.606
Febrero	107.961	231.891	455.176	8.606
Marzo	161.199	231.891	455.176	8.606
Abril	218.376	231.891	455.176	8.606
Mayo	294.669	231.891	455.176	8.606
Junio	291.346	231.891	455.176	8.606
Julio	339.780	231.891	455.176	8.606
Agosto	313.540	231.891	455.176	8.606
Septiembre	188.414	231.891	455.176	8.606
Octubre	272.606	231.891	455.176	8.606
Noviembre	221.950	231.891	455.176	8.606
Diciembre	244.878	231.891	455.176	8.606
Suma	2782.693			
Media	231.891			
	74.428			
Desviación estándar	74.428			
LCS	455.176			
LCI	8.606			

2. Gráfico de control de consumo de electricidad en el año 2009.

Meses	Consumo	Media	LCS	LCI
Enero	276.260	272.38	363.61	181.15
Febrero	235.820	272.38	363.61	181.15
Marzo	246.850	272.38	363.61	181.15
Abril	240.330	272.38	363.61	181.15
Mayo	256.040	272.38	363.61	181.15
Junio	343.829	272.38	363.61	181.15
Julio	297.435	272.38	363.61	181.15
Agosto	289.471	272.38	363.61	181.15
Septiembre	277.863	272.38	363.61	181.15
Octubre	289.054	272.38	363.61	181.15
Noviembre	250.160	272.38	363.61	181.15
Diciembre	265.435	272.38	363.61	181.15
Suma	3268.547			
Media	272.379			
Desviación estándar	30.410			
LCS	363.609			
LCI	181.149			

Planta de Abasto de Agua y Tratamiento de Efluentes									
Sistema de Monitoreo y Control Energético									
Indices de Consumo									
Tabla 1									
Mes: Febrero 2010									
Fecha	Sistema Agua de Enfriamiento			Sistema Trat. de Efluentes			Sistema Bombeo de Agua		
	Cons. Elect.	Volumen	I.C.	Cons. Elect.	Volumen	I.C.	Cons. Elect.	Volumen	I.C.
	Mwh	m3	Mwh/m3	Mwh	m3	Mwh/m3	Mwh	m3	Mwh/m3
01/02/10	9.980	39222.577	0.000254	0.020	6.754	0.00296	2.267	2550	0.000889
02/02/10	16.410	64493.235	0.000254	13.000	4390.356	0.00296	3.679	4138	0.000889
03/02/10	16.380	64375.331	0.000254	0.280	94.562	0.00296	3.156	3550	0.000889
04/02/10	16.330	64178.825	0.000254	19.160	6470.709	0.00296	1.912	2150	0.000889
05/02/10	16.390	64414.632	0.000254	7.800	2634.213	0.00296	1.074	1208	0.000889
06/02/10	16.340	64218.126	0.000254	7.240	2445.090	0.00296	2.603	2928	0.000889
07/02/10	16.330	64178.825	0.000254	4.460	1506.230	0.00296	1.745	1962	0.000889
08/02/10	16.220	63746.512	0.000254	9.890	3340.048	0.00296	1.830	2058	0.000889
09/02/10	8.890	34938.748	0.000254	8.890	3002.328	0.00296	2.198	2472	0.000889
10/02/10	16.740	65790.173	0.000254	0.230	77.676	0.00296	1.908	2146	0.000889
11/02/10	17.300	67991.039	0.000254	0.140	47.281	0.00296	2.632	2960	0.000889
12/02/10	17.160	67440.823	0.000254	0.250	84.430	0.00296	6.530	7344	0.000889
13/02/10	17.150	67401.522	0.000254	0.600	202.632	0.00296	6.779	7624	0.000889
14/02/10	17.260	67833.835	0.000254	8.060	2722.021	0.00296	1.641	1846	0.000889
15/02/10	17.260	67833.835	0.000254	0.140	47.281	0.00296	6.889	7748	0.000889
16/02/10	17.260	67833.835	0.000254	0.160	54.035	0.00296	4.777	5372	0.000889
17/02/10	17.300	67991.039	0.000254	4.840	1634.563	0.00296	3.770	4240	0.000889
18/02/10	17.120	67283.618	0.000254	10.010	3380.574	0.00296	3.999	4498	0.000889
19/02/10	17.100	67205.016	0.000254	0.210	70.921	0.00296	3.169	3564	0.000889
20/02/10	17.300	67991.039	0.000254	13.570	4582.856	0.00296	1.517	1706	0.000889
21/02/10	16.670	65515.065	0.000254	5.130	1732.502	0.00296	2.118	2382	0.000889
22/02/10	16.920	66497.595	0.000254	6.550	2212.064	0.00296	2.107	2370	0.000889
23/02/10	17.100	67205.016	0.000254	7.160	2418.073	0.00296	2.443	2748	0.000889
24/02/10	17.170	67480.124	0.000254	7.500	2532.898	0.00296	2.239	2518	0.000889
25/02/10	14.700	57772.733	0.000254	0.600	202.632	0.00296	2.029	2282	0.000889
26/02/10	17.000	66812.004	0.000254	5.820	1965.529	0.00296	3.393	3816	0.000889
27/02/10	17.320	68069.642	0.000254	0.840	283.685	0.00296	6.964	7832	0.000889
28/02/10	16.410	64493.235	0.000254	19.620	6626.060	0.00296	2.122	2386	0.000889
Acumulado	455.510	1790208	0.000254	162.170	54768	0.00296	87.491	98398	0.000889

Planta de Abasto de Agua y Tratamiento de Efluentes										
Sistema de Monitoreo y Control Energético										
Gestión de Energía Eléctrica										
Fecha	Metrocontadores (MWh)									Total día
	RP-7 A. 54	RP-7 A. 34	RP-1 A-1	RP-1 A. 71	ET. 02 A. 46	ET. 02 A. 24	RP-10 A.3	RP-10 A.8	RP-10 A.74	
01/02/10	0.02	0	5.31	4.67	0.222	2.022	0.008	0.010	0.006	12.267
02/02/10	0.3	12.7	8.74	7.67	0.359	3.281	0.013	0.016	0.009	33.089
03/02/10	0.28	0	8.72	7.66	0.308	2.815	0.011	0.014	0.008	19.816
04/02/10	0.14	19.02	8.69	7.64	0.187	1.705	0.007	0.009	0.005	37.402
05/02/10	0.09	7.71	8.72	7.67	0.105	0.958	0.004	0.005	0.003	25.264
06/02/10	0.04	7.2	8.69	7.65	0.254	2.321	0.009	0.012	0.006	26.183
07/02/10	0.21	4.25	8.67	7.66	0.170	1.556	0.006	0.008	0.004	22.535
08/02/10	0.15	9.74	8.62	7.60	0.179	1.632	0.007	0.008	0.005	27.940
09/02/10	0.13	8.76	8.76	0.13	0.215	1.960	0.008	0.010	0.005	19.978
10/02/10	0.23	0	3.71	13.03	0.186	1.701	0.007	0.009	0.005	18.878
11/02/10	0.14	0	0.00	17.30	0.257	2.347	0.010	0.012	0.007	20.072
12/02/10	0.25	0	0.00	17.16	0.638	5.823	0.024	0.029	0.016	23.940
13/02/10	0.6	0	0.00	17.15	0.662	6.045	0.025	0.030	0.017	24.529
14/02/10	0.44	7.62	0.00	17.26	0.160	1.464	0.006	0.007	0.004	26.961
15/02/10	0.14	0	0.02	17.24	0.673	6.143	0.025	0.031	0.017	24.289
16/02/10	0.16	0	0.00	17.26	0.467	4.259	0.017	0.021	0.012	22.197
17/02/10	0.18	4.66	0.00	17.30	0.368	3.362	0.014	0.017	0.009	25.910
18/02/10	0.22	9.79	0.00	17.12	0.391	3.566	0.015	0.018	0.010	31.129
19/02/10	0.21	0	0.00	17.10	0.310	2.826	0.012	0.014	0.008	20.479
20/02/10	0.09	13.48	0.00	17.30	0.148	1.353	0.006	0.007	0.004	32.387
21/02/10	0.22	4.91	0.00	16.67	0.207	1.889	0.008	0.009	0.005	23.918
22/02/10	1.66	4.89	0.00	16.92	0.206	1.879	0.008	0.009	0.005	25.577
23/02/10	2.12	5.04	0.00	17.10	0.239	2.179	0.009	0.011	0.006	26.703
24/02/10	1.01	6.49	0.01	17.16	0.219	1.996	0.008	0.010	0.006	26.909
25/02/10	0.6	0	0.00	14.70	0.198	1.809	0.007	0.009	0.005	17.329
26/02/10	0.42	5.4	0.00	17.00	0.331	3.026	0.012	0.015	0.008	26.213
27/02/10	0.84	0	0.00	17.32	0.680	6.210	0.025	0.031	0.017	25.124
28/02/10	0.71	18.91	0.00	16.41	0.207	1.892	0.008	0.010	0.005	38.152
Acumulado	11.6	150.57	78.66	376.85	8.548	78.015	0.319	0.392	0.217	705.171

Planta de Abasto de Agua y Tratamiento de Efluentes											
Sistema de Monitoreo y Control Energético										Tabla 3	
Gestión de Agua											
Dia	Consumo Plan		Niveles de los tanques de agua					Volumen en tks.	Volumen recibido	Consumo real	
	Diario	Acumul.	FIQ	120/12-1	120/12-2	120/12-3	128/2			día	acum.
31/01/10	3000	150000	2422800	5.2	6.6	5.4	7.2	27560	4140	3588	88128
01/02/10	3000	3000	2426730	6.7	6.6	5.4	7.2	28940	3930	2550	2550
02/02/10	3000	6000	2431880	7.5	6	6.3	7.2	29952	5150	4138	6688
03/02/10	3000	9000	2436350	6.6	7	7.2	7.2	30872	4470	3550	10238
04/02/10	3000	12000	2441260	9.2	7.4	7.2	7.2	33632	4910	2150	12388
05/02/10	3000	15000	2442100	8.4	7.6	7.4	7.2	33264	840	1208	13596
06/02/10	3000	18000	2446500	8.8	7.9	8.3	7.2	34736	4400	2928	16524
07/02/10	3000	21000	2446990	7	8.1	8.3	7.2	33264	490	1962	18486
08/02/10	3000	24000	2450980	8.9	8.3	8.3	7.2	35196	3990	2058	20544
09/02/10	3000	27000	2452900	8.5	8.1	8.3	7.2	34644	1920	2472	23016
10/02/10	3000	30000	2455230	8.6	8.2	8.3	7.2	34828	2330	2146	25162
11/02/10	3000	33000	2458650	9.1	8.2	8.3	7.2	35288	3420	2960	28122
12/02/10	3000	36000	2463050	8.3	7.5	6.6	7.2	32344	4400	7344	35466
13/02/10	3000	39000	2468650	5.4	7.9	6.9	7.2	30320	5600	7624	43090
14/02/10	3000	42000	2473900	7.5	8.1	8.3	7.2	33724	5250	1846	44936
15/02/10	3000	45000	2478060	6.7	6.6	6.7	7.2	30136	4160	7748	52684
16/02/10	3000	48000	2483800	8.3	6.1	6	7.2	30504	5740	5372	58056
17/02/10	3000	51000	2487120	7.1	6.3	6	7.2	29584	3320	4240	62296
18/02/10	3000	54000	2491250	7.4	5.7	5.9	7.2	29216	4130	4498	66794
19/02/10	3000	57000	2496930	7.5	6.8	7	7.2	31332	5680	3564	70358
20/02/10	3000	60000	2502040	8.8	8	8.2	7.2	34736	5110	1706	72064
21/02/10	3000	63000	2504790	9.1	8.2	8.1	7.2	35104	2750	2382	74446
22/02/10	3000	66000	2506700	8.8	8.1	8	7.2	34644	1910	2370	76816
23/02/10	3000	69000	2508160	7.3	8.2	8	7.2	33356	1460	2748	79564
24/02/10	3000	72000	2513070	9.4	8.2	8.5	7.2	35748	4910	2518	82082
25/02/10	3000	75000	2513420	7.3	8.2	8.5	7.2	33816	350	2282	84364
26/02/10	3000	78000	2517880	8.4	8	8.3	7.2	34460	4460	3816	88180
27/02/10	3000	81000	2523320	7.3	7.7	7.1	7.2	32068	5440	7832	96012
28/02/10	3000	84000	2527270	8.8	7.9	7.1	7.2	33632	3950	2386	98398