



Facultad de Ingeniería Mecánica



TESIS EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE MASTER EN EFICIENCIA ENERGÉTICA.

**Título: Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía en
la Empresa Productora de Alcoholes Hidratados**

Autor: Héctor Díaz Yedra

Tutores: Dr. Sergio Montelier Hernández

MsC. Gabriel Castillo Morales

Cabimas. 2012

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: ESTADO ACTUAL DE LA ENERGÍA.....	3
1.1.- PANORAMA ENERGÉTICO MUNDIAL.....	3
1.2.- LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	9
1.3.- PANORAMA ENERGÉTICO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE.....	10
1.4.- PANORAMA ENERGÉTICA EN VENEZUELA.....	15
1.5.- LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN LAS EMPRESAS DEL PETRÓLEO EN VENEZUELA.....	17
1.5.1.- EFICIENCIA ENERGÉTICA EN REFINERÍAS Y COMPLEJOS PETROQUÍMICOS.....	17
1.6.- LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA EN VENEZUELA.....	20
CAPITULO II. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA PRODUCTORA DE ALCOHOLES HIDRATADOS, C. A (PRALCA).....	23
2.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	23
2.2.- ASPECTOS ESTRATÉGICOS.....	23
2.3.- CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	24
2.3.1.- PRODUCTOS FINALES DE PRALCA ÓXIDO DE ETILENO (EO)..	24
2.4.- CONSUMO DE MATERIA PRIMA.....	26
2.4.1.- ÁREAS DE SERVICIOS Y MATERIA PRIMA AUXILIAR.....	26
2.4.2. MATERIA PRIMA AUXILIAR.....	27
2.4.3. ÁREA DE SERVICIOS.....	27
2.4.4. SISTEMA DE AGUA DE RECICLO (U-550).....	27
2.4.5.- CALDERA (B-1301).....	28
2.4.6.- SISTEMA DE COMPRESIÓN DE AIRE.....	28
2.4.7.- SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO.....	28
2.5.- FLUJOGRAMA DE LAS ÁREAS DE SERVICIO.....	29

2.6.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	30
2.6.1.- COMPRESOR DE RECICLO MK-110.....	32
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN PRALCA.....	35
3.1.- EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA UNIDAD.....	36
3.1.1.- GRÁFICO MATRIZ DE GESTIÓN ENERGÉTICA.....	37
3.2.- INDICADORES ENERGÉTICOS.....	37
3.2.1.- ESTRUCTURA DE CONSUMO DE ENERGÍA DE PRALCA.....	38
3.2.2.- CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO EN LOS ÚLTIMOS DOS AÑOS, ANÁLISIS DE TENDENCIA.....	40
3.2.3.- DIAGRAMA DE DISPERSIÓN.....	44
3.2.4.-COMPORTAMIENTO DEL INDICE DE CONSUMO CONTRA PRODUCCIÓN.....	46
3.3.- ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA EN PRALCA.....	47
3.3.1.- MEDICIONES REALIZADAS EN LA SUB-ESTACIÓN 115KV PRALCA 1 Y 2.....	49
3.3.2.- TARIFA ELÉCTRICA CONTRATADA POR PRALCA.....	55
3.4.- DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE AHORRO EN LA SECCIÓN 100.....	56
3.4.1.- GRÁFICO DE CARGA, MOTORES INSTALADOS EN LA SECCIÓN 100.....	58
3.4.2.- ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE AHORRO POR CONTROL DE LA DEMANDA MÁXIMA DEL MOTOR MK-110.....	58
3.4.3. CÁLCULOS DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS REALIZADOS AL MK-110.....	61
3.5.- VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA.....	62
3.5.1.- BENEFICIO SOCIAL.....	62
3.5.2.- IMPACTO AMBIENTAL DE LA PROPUESTA.....	62
3.6.- BANCO DE PROBLEMAS. MATRIZ DAFO.....	63
3.7.- PLAN DE MEDIDAS A IMPLEMENTAR EN PRALCA.....	65

CONCLUSIONES GENERALES.....	68
RECOMENDACIONES.....	69
BIBLIOGRAFÍA.....	70
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

El actual modelo energético mundial se basa en la producción de energía a partir de combustibles fósiles, dependientes de los recursos limitados y de los negativos impactos sobre el medio ambiente la tendencia al encarecimiento de la energía, el agotamiento de los recursos naturales y el impacto ambiental presionan a la humanidad tanto en el orden económico como social.

Las vías fundamentales para transformar el esquema energético actual y avanzar hacia el desarrollo sostenible son la introducción de fuentes renovables de energía y el incremento de la eficiencia energética en todos los sectores. La eficiencia constituye una herramienta rentable en la lucha por alcanzar un futuro energético sostenible y un medio ambiente más saludable. Las mejoras en la eficiencia energética pueden reducir la necesidad de inversión en la infraestructura energética, los gastos de combustibles, aumentar la competitividad y mejorar el bienestar de los consumidores.

El sistema que se aplica (TGTEE, Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía) consiste en un paquete de procedimientos, herramientas técnicas organizativas y software especializado, que aplicado de forma continua y con la filosofía total de la gestión de calidad, 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 en una empresa. **(1)**.

Las empresas productoras de productos químicos en general son altas consumidoras de portadores energéticos ya que poseen equipos como generadores de vapor, intercambiadores de calor, sistemas de bombeo de fluidos y compresores de aire y gas para el proceso realizar el productivo. El caso objeto de estudio es una de ellas. Por tanto la realización de investigaciones de carácter

energético y ambiental es importante, teniendo en cuenta las directivas nacionales de reducción de los portadores energéticos en Venezuela, especialmente la electricidad, motivado por las crisis energéticas que se han presentado en los últimos años.

Problema Científico consiste en que no existe en PRALCA un sistema de gestión energética científicamente fundamentado que permita un uso racional de la energía y posibilite a los directivos de los centros tomar decisiones para mejorar el desempeño energético de la empresa, y de esta forma cumplir con las directivas nacionales sobre ahorro de energía.

OBJETIVO GENERAL.

Aplicar las herramientas de la **Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía** a la empresa Productora de Alcoholes Hidratados C.A para determinar los principales potenciales de ahorro energético y proponer soluciones adecuadas que conduzcan a la reducción del consumo de energía y el impacto ambiental asociado.

HIPÓTESIS

La aplicación de las herramientas de la **Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía** a la empresa Productora de Alcoholes Hidratados C.A le posibilitará tener un mejor desempeño energético y una reducción del impacto ambiental asociado.

OBJETIVO ESPECÍFICOS.

- 1- Caracterizar el desempeño energético de las principales áreas de PRALCA
- 2- Realizar el diagnóstico energético de la empresa
- 3- Establecer los indicadores energéticos de control.
- 4- Determinar potenciales de ahorros en la sección más consumidora de la empresa
- 5- Establecer un plan de acciones para mejorar el desempeño energético PRALCA
- 6- Determinar el impacto económico ambiental de las propuestas de ahorro de energía

CAPÍTULO I: ESTADO ACTUAL DE LA ENERGÍA.

1.1.- PANORAMA ENERGÉTICO MUNDIAL.

La elevación de los precios del petróleo, desde comienzos de este siglo, ha reforzado significativamente el cuestionamiento del modelo energético basado en los combustibles fósiles (petróleo, carbón mineral y gas natural), que avanzó gradualmente hasta llegar a ser dominante. El petróleo se convirtió en la fuerza motriz del desarrollo en el siglo XX. Sin embargo, el agotamiento de reservas a nivel mundial obliga a replantear el futuro.

A partir de la revolución industrial iniciada a fines del siglo XVIII, la energía ocupa un lugar preponderante en la vida cotidiana de los hombres. Hasta ese momento la energía utilizada era la humana y la animal, con participación menor de otras fuentes, como la hidráulica, a orilla de ríos y canales. La revolución industrial implicó la utilización masiva del hierro y del carbón, permitiendo a partir de las innovaciones de Watt- la conversión del vapor en movimiento circular, haciendo así posible su aplicación en la industria y en los transportes, ferroviario y marítimo. Para el siglo XIX el carbón fue la fuente energética básica.

En el siglo XX se produce una especie de explosión en el uso energético. Como dice Roberto Kozulj, profesor de la Fundación Bariloche y de la Universidad del Comahue, “durante el siglo XX, como nunca en la historia humana, la energía pasa a ser el recurso mas importante en las modernas economías y, por ello mismo, no sólo objeto específico de estudio, sino también de disputas por su apropiación” **(2)**. Y lo demuestra con un dato indiscutible: en 1900 el consumo de energía por habitante en nuestro planeta era de 0,28 toneladas equivalentes de petróleo; en el año 2000 era de 1,61 toneladas por habitante; es decir, el consumo per cápita se había multiplicado por 6; pero como el total de habitantes pasó de 1.650 millones al comienzo del siglo a 6.124 millones al final, la producción y consumo de energía en ese lapso se multiplicó por 21.

El informe de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) destaca *World Energy Outlook 2004* **(3)** las tendencias actuales al crecimiento de la población a nivel mundial lo que determinaría un aumento del consumo en un orden del 3,2% anual en el período 2002-2030, con un 5% para China. La población mundial pasaría de los 6.200 millones de habitantes a más de 8.000 millones en el mismo período, con un 80% viviendo en economías en desarrollo. La demanda de energía crecería en 1,7% anual, alcanzando en 2030 los 16.500 millones de toneladas equivalentes de petróleo (un 60% de crecimiento acumulado).

Los precios del petróleo *continuarán* los ritmos ascendentes debido al crecimiento de la demanda y los escasos de los combustibles fósiles a medida que avanza el tiempo. Si hay un sector que pueda servir de termómetro sobre la evolución de la economía real, es sin duda el petrolero. No en vano, la mayoría de estudios económicos calculan una correlación superior al 99% entre el consumo de crudo y el crecimiento económico mundial **(4)**. La Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) logra consolidarse mundialmente hasta la década del 70, debido a la primera crisis petrolera en 1973, en la que la demanda fue mayor que la oferta, por lo que los precios aumentaron de 2,5 dólares por barril en 1973 a 12 dólares por barril en 1974, por el embargo petrolero al que sometieron las naciones árabes a los Estados Unidos y los Países Bajos, por su apoyo a Israel en la guerra del Yom Kippur.

Debido a la segunda crisis petrolera entre 1978 y 1979 (protagonizada por la revolución Iraní sobre el régimen del Sha Mohamed Reza Pahlevi y la guerra Irán-Irak) y de la tercera crisis petrolera (1986-1991 producto a la guerra del golfo Pérsico donde Irak invade a Kuwait); en conjunto con la intervención en este conflicto de EE UU, en aras de defender sus intereses y tener el control mundial de las reservas de este recurso, y que lo llevo a invadir a Irak en el año 2001, provocaron que los precios ascendieron de 35 dólares por barril en 1979 a más de 70 dólares por barril en el 2006.

Los precios del petróleo en el año 2010 llegaron a valores de 85 dólares el barril, en cambio en el 2011 ascendieron hasta los 90 dólares por barril. En lo que va de

año del 2012 el precio del petróleo ha sobrepasado la barrera de los 100 dólares por barril **(5)**.

La tabla 1.1, muestra los datos históricos de la evolución de los precios del petróleo entre los años 2010 y 2012 **(6)**.

Tabla 1.1.Evolución de Precios del petróleo 2010 – 2012 (Dólares/Barril)

PERIODO	CRUDO VENEZUELA	CRUDO OPEP	CRUDO WEST TEXAS INTERMEDIATE (W.T.I).	CRUDO BRENT
Año 2010	71,97	77,45	79,52	80,24
Año 2011	101,06	107,47	95,12	110,80
I trimestre	92,05	101,01	94,04	104,88
Enero	86,15	92,83	89,67	96,59
Febrero	89,05	100,29	89,42	103,49
Marzo	100,65	109,84	102,60	114,43
II trimestre	104,29	112,39	102,71	117,11
Abril	108,12	118,09	109,68	122,65
Mayo	102,25	109,94	101,86	114,85
Junio	102,55	109,21	96,62	113,91
III trimestre	102,36	108,60	90,03	112,28
Julio	105,94	111,40	97,23	116,45
Agosto	98,73	106,32	86,65	110,01
Septiembre	102,40	108,06	86,09	110,32
IV trimestre	105,37	107,78	93,73	108,85
Octubre	102,54	106,02	85,80	108,35
Noviembre	107,84	109,93	96,80	110,44

Diciembre	105,82	107,46	98,70	107,81
Año 2012	112,50	117,44	102,95	118,68
Enero*	108,20	111,33	100,22	111,14
Febrero*	111,46	117,03	101,92	118,47
Marzo*	116,47	122,93	106,39	124,54
Abril*	113,99	118,60	103,24	120,84
16 al 20	113,58	116,87	102,98	118,93
23 al 27	113,51	116,19	103,84	118,93

Por consiguiente y a pesar del agotamiento del petróleo mundial los consumos seguirán incrementándose, por lo que se estima que aumente de 78 a 119 millones de barriles día entre el 2002 al 2025, donde China incrementara su consumo hasta un 7,5% anual.

Por su parte América Latina, mostrará un incremento en el consumo, de acuerdo a su crecimiento económico, como se puede observar en la figura 1.1, los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón), seguirán siendo los más utilizados en todo el mundo, básicamente, sector del transporte y el industrial. También para este periodo se incrementaran la energía nuclear y energías renovables, aunque mucho más suave.

Por otro lado es necesario destacar que los países miembros de la OPEP producen el 40% del crudo mundial y el 14% del gas natural, y donde los costos de producción de los países de la OPEP en el golfo pérsico están entre los más bajos a nivel mundial.

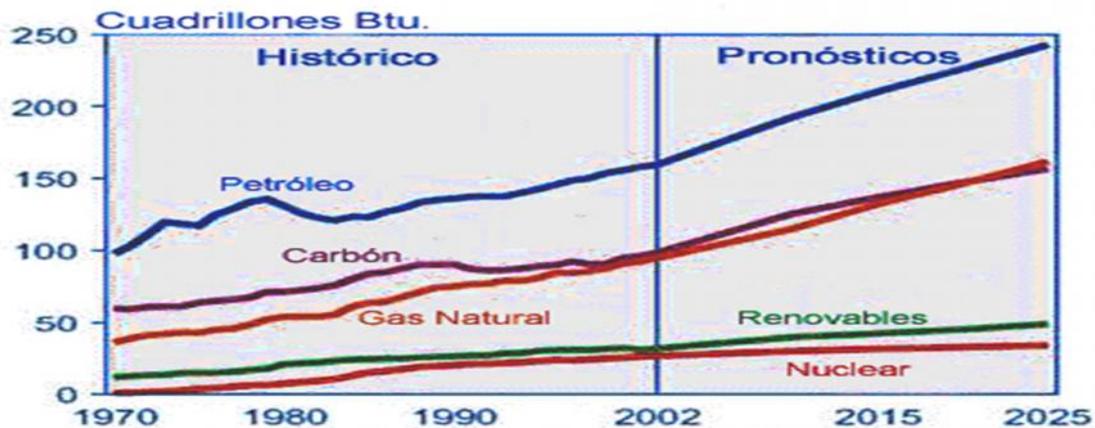


Fig. 1.1 Mercado mundial del consumo de energía por tipo 1970-2025. (6), (7) (8).

En cuanto a la generación de electricidad se espera que se duplique entre 2002 y 2025, pasando de 14.275 billones de kilowatt hora a 26.018 billones, donde el crecimiento más rápido lo experimentarán las economías emergentes, con un promedio de crecimiento de 4,0% por año, en los países consolidados se prevé un aumento promedio de consumo eléctrico de 1,5% por año. En este aspecto se debe añadir que algunos países han optado por la generación distribuida (GD), que se basa como necesidad de generación o el almacenamiento de energía eléctrica a pequeña escala, lo más cercana al centro de carga, con la red eléctrica, y donde la capacidad de los sistemas de GD varía de cientos de kW hasta diez mil kW. **(9).**

El consumo de petróleo en el mundo se espera que aumente de 83 millones de barriles día en 2004 a 97 millones de barriles día en 2015 y 118 millones en 2030. En el año 2006, por ejemplo, la demanda anual era de 84,45 millones de barriles. La subida de los precios del petróleo impide un pronóstico sobre el consumo en muchas partes del mundo, particularmente en mercados consolidados y economías de transición. La demanda de petróleo sería aun mayor si no se

contara con las necesidades de los países emergentes como India y China. Así, para el caso de China, se prevé un crecimiento en el consumo de un 7,5% anual de 2002 a 2010, y a partir de esta fecha disminuir a un 2,9% hasta el año 2025. De acuerdo con el estudio, los miembros de la OPEC serán los más importantes suministradores de petróleo, representando un 60% del incremento previsto. Importantes incrementos de petróleo se esperan de suministradores de la zona del Caspio, Este de África y América Central y del Sur. **(10)**.

La aparición en los últimos años de economías emergentes que demandan grandes partidas de portadores energéticos, como China, la India y Brasil, etc., agrava aún más el panorama energético mundial. Muchos estudiosos del tema prevén que para el 2050 se habrán agotado las fuentes tradicionales de energía, y sin embargo, no existirán otras fuentes capaces de remplazarlas. **(11)**.

En las fuentes de energías renovables debe estar parte de la solución, Según el informe de **Global Wind 2011 Report** **(12)**, de aquí a finales de 2016, la eólica instalará una media de 60.000 MW cada año en el mundo. Asia, que superará a Europa como primera región en términos de potencia acumulada, instalará 118 GW de aquí a 2016. Asimismo, economías emergentes de otros continentes, como Brasil, ganarán también protagonismo. El **Consejo Mundial de la Energía Eólica (GWEC)**, prevé que se instalen 255 entre los años 2012 y 2016, cantidad que elevaría la potencia eólica acumulada en todo el mundo hasta los 493 GW el futuro próximo, "esta tendencia continuará", asegura GWEC. "Asia, que continuará siendo el mayor mercado.

De esta manera, en 2013 Asia superará a Europa como primera región en términos de potencia acumulada. La cifra acumulada en Asia a finales de 2016 alcanzará los 200 GW. El crecimiento exponencial chino de la última década ya se acaba y el mercado se estabiliza para permanecer a los niveles actuales durante *los próximos años, según GWEC. Por su parte, tras conseguir 3 GW en 2011, el mercado anual de India debería alcanzar los 5 GW en el 2015. "La tragedia triple de Japón" de 2011 y el consiguiente "rechazo casi universal de la energía nuclear.* **(12), (13), (14)**.

Es notable que la humanidad enfrenta a una situación muy compleja en materia de energía, aunque existen algunas medidas tomadas por algunos países encaminadas a enfrentarla, no son suficientes por lo que se hace necesario establecer esquemas energéticos viables basados fundamentalmente en el uso de energía renovables y el incremento de la eficiencia energética y la disminución del impacto ambiental debido a las emanaciones de gases contaminantes derivados de la quema de los combustibles convencionales.

Las fuentes alternativas de energía, se perfilan como la vía inmediata a seguir para contrarrestar la subida de los precios del petróleo y la escases que se avecina de este importante recurso natural

Estimado de la Organización Internacional de Energía, indican que las emisiones de CO₂ que provienen principalmente de la combustión de combustibles fósiles para la producción de energía, aumentarán de 24,4 billones de toneladas en 2002 a 38,8 en 2025. Es por esto que el protocolo de Kyoto exige la reducción de emisiones de forma colectiva en un 5% con respecto a los niveles de 1990 en el período de compromiso de 2008-2012. **(15), (16).**

Es indiscutible que el actual modelo energético basado fundamentalmente en la producción de energía a partir de combustibles fósiles, es insostenible e injusto, aun a estos nuevos precios del combustible. Este modelo es totalmente insostenible por sus repercusiones medioambientales negativas de enormes proporciones, como son el calentamiento global y los cambios climáticos, los recursos limitados están concentrados en pocas regiones de la tierra.

1.2.- LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética, entendida como la eficiencia en la producción, distribución y uso racional de la energía **(1)**, constituye sin dudas uno de los pilares fundamentales del desarrollo energético sostenible. Eficiencia energética

significa lograr un nivel de producción o de servicios, con los requisitos establecidos por el usuario, con el menor consumo y gasto energético y la menor contaminación ambiental posible.

Las mejoras en la eficiencia energética pueden reducir la necesidad de inversión en infraestructura energética, los gastos de combustible, **y** aumentar la competitividad de las empresas.

La eficiencia energética no consiste en racionar o reducir el consumo de energía, sino en utilizarla mejor. Los aumentos de productividad y la reducción de los consumos energéticos por unidad de producto constituyen, en realidad, fases de un mismo proceso con aportes significativos al crecimiento, la protección del medio ambiente y la equidad social.

Dado que la energía cada día se encarece más, en muchos casos una de las principales partidas del costo total es el costo energético. Pero aún en aquellas instalaciones donde la energía no representa una de las principales partidas, es importante la administración eficiente de la energía, ya que es el apartado que crece más rápidamente y uno de los pocos costos que pueden ser realmente controlados **(1)**.

La administración de la energía persigue lograr un uso más eficiente de la energía sin reducir los niveles de producción o mermar la calidad del producto o servicio, la seguridad o los estándares ambientales. La conservación de la energía se realiza en la medida en que pueda justificarse en términos comerciales y financieros normales, como cualquier otra actividad o inversión.

1.3.- PANORAMA ENERGÉTICO EN 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 esta conformada por 26 países del área (incluida Cuba), y tiene entre sus objetivos el de desarrollar los recursos energéticos, además de atender conjuntamente los aspectos relativos a su eficiente y 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. 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 unas reservas para 250 años, manteniendo el volumen vigente de extracción, con el 6,8% de las reservas, aporta el 3,9 % de la producción.

Entre tanto hay países que se autoabastecen de petróleo como Argentina y, con limitaciones, Bolivia. Por otro lado hay otros países que son importadores netos de petróleos, en Sudamérica por ejemplo esta condición la tiene Perú, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay; en Centroamérica (excluyendo a México, Venezuela y Colombia), la única nación exportadora de hidrocarburos es Trinidad y Tobago. Todos los restantes no tienen reservas de petróleo, con la excepción de Cuba y Guatemala que producen petróleo, pero son importadores netos. **(17)**.

En tanto el comportamiento de la demanda y los consumos energéticos en el área, producto al crecimiento de la población y el desarrollo en algunas esferas de la producción, hacen que los volúmenes se incrementen para poder satisfacer las necesidades cada día más crecientes en estos países.

De aquí que por ejemplo en Argentina, Brasil, México y Venezuela representan el 73.75% del consumo total de energía en América Latina y el Caribe. En términos

absolutos el orden es: Brasil (30.15%), México (24.36%), Argentina (9.79%) y Venezuela (9.45%). Por su parte en Argentina y México el sector transporte es el mayor demandante con un 33% y 35.5% respectivamente, pero en Brasil y Venezuela el mayor consumidor es el sector industrial con 35.1% y 50.0% respectivamente. **(18)**.

Teniendo en cuenta estos datos relacionados con 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, ya que esta tiene como objetivo de lograr unificar social, económica y políticamente los estados pertenecientes a la América Latina y el Caribe, para que estos puedan ser independientes y se liberen de las garras neoliberales. El ALBA se formuló por primera vez 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 mucho impacto sobre las nuevas políticas llevadas a cabo por los acuerdos y convenios, entre los estados de esta región.

Históricamente la producción de energía ha sido uno de los factores decisivos para el desarrollo del ser humano. El carbón propició la primera revolución industrial transformando a las sociedades agrarias. La electricidad permitió la formación de los grandes centros urbanos actuales. A partir del siglo XX, los combustibles fósiles han sido la base del avance de las sociedades industrializadas. Sin embargo, el petróleo tiene sus días contados al tratarse de un recurso no renovable, por lo que la utilización de nuevas fuentes de energía, múltiples y renovables, será uno de los principales retos del siglo XXI.

En este sentido hay que señalar que, el precio del petróleo ha aumentado varias veces desde finales de los 80 hasta el presente, y seguirán incrementándose a medida que se vayan agotando los yacimientos y haya que recurrir a otros en peores condiciones de explotación. De seguir esta tendencia, algunos analistas calculan que para 2012 los países del Golfo Árabe-Pérsico controlarán el 95% de la capacidad de exportación a nivel mundial, puesto que los demás países con reservas disponibles tendrán que absorberlas para consumo doméstico.

Es por estas razones que el expresidente norteamericano George Bush lanzó la guerra contra Irak, pero en si fue contra Europa, para sostener su control del petróleo en el mundo, según un artículo de la Yellow Times.org. Esto sucede porque las mayores reservas de petróleos probadas están en el medio oriente con el 65% del total, y según British Petroleum (BP), la OPEP posee el 75%, en la que Arabia Saudita es el principal país del mundo en términos de reservas petroleras, con 263 billones de barriles.

Algunos expertos e incluso instituciones como la Agencia Internacional de la Energía, en su informe World Energy Outlook 2005, ya han advertido de que si no se toman medidas de ahorro energético, o si no se encuentran fuentes de energía alternativas, se producirá una grave crisis energética.

China alcanzará el 43% en el 2030 del consumo mundial de petróleo, producto a su crecimiento económico, y chocará en unos años con la caída de la oferta mundial de petróleo.

Es por ello que debido a estos convenios y con la aprobación de los mandatarios de la región dan nacimiento a:

- **PETROSUR** (Integrada por Argentina, Brasil, Venezuela y Uruguay).
- **PETROCARIBE** (Compuesta por 14 países de la región caribeña).
- **PETROANDINA** (Integrada por Ecuador, Colombia, Bolivia, Perú y Venezuela).

- **PETROAMÉRICA:** Impulsada por el Gobierno Venezolano para redefinir las relaciones existentes sobre la base de sus recursos y potencialidades, aprovechar la complementariedad económica, social y cultural a fin de reducir las asimetrías de la región.

El 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 como: energía eólica, solar y otras. **(19), (20).**

1.4.- PANORAMA ENERGÉTICA EN VENEZUELA

El informe anual de la (OPEP) certificó que las reservas probadas de crudo de Venezuela superaron a las de Arabia Saudita, tras alcanzar los 296.500 millones de barriles hasta el 31 de diciembre de 2010, por lo que el país suramericano pasó a ocupar oficialmente el primer lugar en cuanto a reservas certificadas en el mundo.

En la Gaceta Oficial número 39.615, de fecha 14 de febrero de 2011, Venezuela actualizó y oficializó sus reservas de petróleo.

Gracias a la política petrolera del gobierno del presidente Hugo Chávez, la industria petrolera nacional se ha consolidado y es una fuente que impulsa el desarrollo económico y social de la nación. Venezuela es actualmente un actor proactivo en la escena internacional y líder con reconocimiento en el ámbito energético mundial.

No obstante al disponibilidad de recursos energéticos Venezuela ha enfrentado los impactos de la crisis energética, hasta el año 2009, Venezuela contaba de un suministro de energía de alta calidad, confiable y barato en todas sus formas, excepto durante la coyuntura política de noviembre y diciembre de 2002 cuando la huelga de trabajadores de la industria petrolera casi paralizó el suministro de combustible a las estaciones de servicio. Luego de esa fecha la energía ha continuado siendo barata, pero se ha disminuido su calidad de suministro principalmente en lo tocante a la energía eléctrica. El periodo de considerado de "crisis Energética" para Venezuela se inicia en el mes de Julio del 2009 y continuó agravándose hasta diciembre del mismo año, luego se ha ido reduciendo paulatinamente sus efectos hasta la actualidad, aunque todavía no sea resuelto completamente. El inicio de esta crisis se debió a un marcado déficit de generación de energía eléctrica. La causa inmediata de la crisis fue una prolongada sequía que ocasionó que el agua en el embalse de la Central Hidroeléctrica Simón Bolívar alcanzara niveles muy bajos. Esto ocurrió durante una nueva ocurrencia del fenómeno climático de El Niño, que se empezó a

desarrollar desde julio de 2009. Aunque se tomaron diversas medidas para superar la crisis, una de las más polémicas fue la implementación de un programa de racionamiento eléctrico en todo el país, excepto en la capital Caracas.

El gobierno puso en vigor una serie de medidas e iniciativas para contrarrestar los efectos de la crisis entre las cuales se destacan:

- Formación de un Ministerio de Energía Eléctrica en octubre de 2009.
- Formación de un Estado Mayor Eléctrico en Febrero de 2010.
- Siembra de Nubes, un programa realizado con asesoría cubana.
- Reducción de la jornada laboral de los empleados públicos a seis horas diarias. Establecimiento de un nuevo horario de apertura de los centros comerciales venezolanos: 11:00 am a 9:00 pm
- Prohibición del uso de electricidad en avisos luminosos, excepto en farmacias, centros de salud e instalaciones de seguridad.
- Establecimiento de toda la semana santa como no laborable, excepto para Bancos y algunos servicios.

En Mayo de 2010 el gobierno comunicó la suspensión del racionamiento eléctrico, lo que indica señales de recuperación del sistema electroenergético nacional.

Algunos expertos aseguran que la crisis puede reaparecer, ya que creen posible que una próxima temporada de sequías, no incremente el nivel del embalse de Guri lo suficiente para abandonar el nivel de alarma. Para confrontar este posible déficit deberá ampliarse la capacidad de generación de las plantas termoeléctricas que se están instalando en el 2010. Venezuela ha pasado de ser un exportador de energía eléctrica a otros países, como Colombia y Brasil, a la necesidad de importar electricidad desde su vecina nación, Colombia. **(21)**.

1.5.- LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN LAS EMPRESAS DEL PETRÓLEO EN VENEZUELA.

1.5.1.- EFICIENCIA ENERGÉTICA EN REFINERÍAS Y COMPLEJOS PETROQUÍMICOS

El pacto de energía de la Unión Europea (**UE**) contiene unos objetivos de reducción de un 20% de las emisiones de CO₂ antes del 2020. Y lo que parece claro es que mucho esfuerzo debe llevarse a cabo sea realmente se quieren cumplir estos objetivos. En industrias de intensidad energética alta un objetivo de 20% supone un gran desafío. Las soluciones de gestión energética en refinerías implican mucho más que la simple modernización de sistemas. Una solución apropiada combina la optimización de la energía y de los procesos, así como estrategias de optimización y control avanzado on-line. Componentes adicionales de la solución incluyen recuperación de energía y calor en las unidades de proceso, selección de la alimentación, gestión de contratos de energía, y la introducción de fuentes de energías renovables como los biocombustibles. Según datos del fabricante de tecnología de control Honeywell, puede conseguirse una reducción del 12-25 % implementando soluciones completas de gestión de energía, y con atractivo retorno en la inversión de capital. En los siguientes apartados se realiza un breve esbozo de las principales oportunidades de eficiencia energética en refinerías y complejos petroquímicos.

¿Cómo empezar nuestro proyecto de eficiencia energética?

El primer paso en el desarrollo de una solución de gestión de energía es optimizar el proceso para ser capaz de medir el consumo de energía respecto a unas referencias razonables. Esto implica capturar datos de energía relacionados con el proceso y organizarlo de forma que permita identificar rápidamente donde están los grandes consumos de energía y cómo lo están haciendo. Para determinar lo bien que lo hace una planta o unidad, es necesario ser capaces de comparar el

uso de la energía actual contra un objetivo que refleje la operación corriente. Una visión jerárquica proporcionada por una aplicación de control de la energía permite al usuario extraer información de múltiples niveles e identificar posibles acciones. Estas incluyen:

- **Supervisión de unidades:** Muestra el tamaño relativo del consumo energético y/o emisiones de gases de efecto invernadero en cada unidad. También usa códigos de colores para indicar qué unidades están más lejos del objetivo.
- **Visión de las unidades:** Muestra el valor de los indicadores energéticos clave que describen el rendimiento de energía de la unidad contra objetivos, que son desarrollados de una combinación de simulación de procesos, datos históricos y know-how de consultores experimentados. Estos objetivos de predicción de energía se ajustan automáticamente para reflejar las condiciones de operación tales como nivel de producción, modo de operación y composición de alimentación.
- **Programa Trend KEIs:** Permite calcular la tendencia del valor calculado de KEIs tanto contra el objetivo de planificación como el objetivo de energía previsto.
- **Desviación de las revisiones:** Revisión en tiempo real del periodo en el que los KEIs se desvían significativamente de su rango esperado.

Muchas de las recomendaciones para mejorar la eficiencia energética pueden ser alcanzadas por el operador directamente, cambiando las condiciones de la planta mediante el ajuste del set point de las variables claves. En muchas ocasiones es posible incorporar estas recomendaciones en un control avanzado y estrategia de optimización online.

La mejora en la recuperación de calor

Usando software de optimización y control para mejorar la eficiencia energética usualmente propicia un impulso general del proceso. Para conseguir el siguiente nivel de eficiencia energética se requieren inversiones de capital que incrementen

la recuperación de calor en las unidades de proceso. En realidad, uno de los valores claves para implementar soluciones operacionales es encontrar las actuales restricciones del proceso. Una vez se han identificado unidades susceptibles de mejorar la integración de calor, pueden aplicarse herramientas de software de **Tecnología Pinch**, para seleccionar una gran variedad de redes de recuperación de calor.

Uso de tecnologías de avanzada en procesos

La recuperación de calor es el proyecto más común para mejorar la eficiencia energética. Sin embargo, otras áreas menos exploradas también proporcionan oportunidades significativas. Muchas de estas áreas hacen uso de tecnologías de avanzadas que son aplicadas a intercambiadores de calor, fraccionadores de alta capacidad, nuevas reacciones internas, turbinas de recuperación de energía, catálisis mejorada y otras características del diseño.

La recuperación de energía a menudo representa buenas oportunidades para optimización de energía. Un sistema de recuperación de energía puede ser un método eficaz para mejorar la eficiencia energética, ya que el gas de los humos puede usarse tanto para generar vapor como energía. Mejoras sustanciales pueden conseguirse instalando una turbina de recuperación de energía combinada con una turbina de vapor. De esta forma puede producirse electricidad y vapor a alta presión.

Existe una gran variedad de tecnologías avanzadas que pueden ser aplicadas, que varían en términos de coste de implementación y retorno de la inversión. Se requiere una evaluación detallada de cada una de las soluciones y seleccionar solamente las mejores oportunidades.

Optimización de la producción de energía

En adición a usar la energía más eficientemente en el proceso, otra estrategia común es producir energía más eficientemente. Muchas refinerías e instalaciones

petroquímicas tienen sus propias plantas de generación “onsite”, que principalmente existen para proporcionar vapor y energía a las unidades de proceso, pero también pueden suministrar electricidad a la red en momentos de capacidad excedentaria. Una de las claves en la reducción de los costes energéticos en plantas de generación es equilibrar la demanda de energía cambiante del proceso con un suministro adecuado desde las plantas de generación. Actualmente se comercializan soluciones modulares dirigidas al control avanzado de las plantas de vapor y energía. Numerosos componentes pueden combinarse para dirigir las necesidades de una amplia serie de configuraciones de unidades de generación y modos de operación. **(22)**.

1.6.- LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA EN VENEZUELA

PEQUIVEN, Petroquímica de Venezuela, S.A., es la corporación del Estado venezolano encargada de producir y comercializar productos petroquímicos fundamentales, con prioridad hacia el mercado nacional y con capacidad de exportación. Fue creada en 1977 asumiendo las operaciones del Instituto Venezolano de Petroquímica (IVP), fundado en 1955. Desde su creación, PEQUIVEN han transitado sucesivas etapas de reestructuración, en las que ha ampliado su campo de operaciones, desarrollando un importante mercado interno y externo para sus productos. Desde 2005, PEQUIVEN es una corporación independiente de PDVSA y adscrita al Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo.

Gracias al impulso de la industria petroquímica, a través de PEQUIVEN, el país ha desarrollado notablemente la producción de fertilizantes y urea. En el 2008 se alcanzó un récord histórico llegando a 303 mil toneladas (en el 2007 se produjeron 44 mil toneladas). La producción se incrementó 68,9%. La producción de urea se incrementó 220% entre 2007 y 2008, cuando se produjeron 457 mil toneladas **(23)**, **(24)**, **(25)**.

Existen otras empresas dentro del país que tienen como objetivo la producción de otros productos, utilizando como materia prima fundamental derivados del petróleo.

Estas empresas son generalmente energo-intensivas o sea de alto consumo eléctrico por lo que en Venezuela se ha establecido una directiva encaminada a la disminución del consumo energético de alrededor de un 20% como parte de las directivas del gobierno para el ahorro de energía. Por eso es importante realizar estudios energéticos como son diagnósticos, auditorías energéticas, implementación de sistemas de gestión, especialmente la aplicación de la norma ISO 50001 de forma tal que beneficie la eficiencia energética de las empresas.

CONCLUSIONES PARCIALES:

1. Las crisis petroleras han provocado incrementos en los precios del petróleo de 12 dólares por barril en 1979 a más de 100 dólares por barril en el 2012, afectando el entorno económico mundial, factor determinante que se mantiene hoy en la esfera energética.
2. Las plantas petroquímicas son altas consumidoras de energía que requieren el uso de herramientas que conduzcan al incremento de la eficiencias energéticas a partir de la implementación de mecanismos de gestión, auditorias energéticas, y la implantación de normas como la ISO 50001.

CAPITULO II. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA PRODUCTORA DE ALCOHOLES HIDRATADOS, C. A (PRALCA)

2.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES

La empresa conocida como PRALCA fue concebida en el año 1973 por iniciativa del entonces Instituto Venezolano de Petroquímica (IVP), hoy PEQUIVEN, para la producción en el país de óxido de etileno, óxido de propileno y sus derivados. Este proyecto toma su rumbo definitivo en 1987 con una nueva estructura y meta definida para producción de óxido de etileno y etilenglicol.

A finales de 2001 y luego de exitosas negociaciones, PRALCA es reestructurada, quedando hoy en día como accionistas PEQUIVEN, IPHL y Sofilago, manteniendo el status de empresa mixta.

Scientific Design (SD) fue la empresa seleccionada para proveer el paquete de ingeniería básica para el diseño de la planta. Una firma italo-venezolana fue la encargada de desarrollar la ingeniería de detalle y construcción.

2.2.- ASPECTOS ESTRATÉGICOS

- **Misión**

Producir óxido etileno y glicoles de etileno con calidad, para satisfacer las necesidades de la nación y la demanda internacional, en armonía con el ambiente, contribuyendo al bienestar de la comunidad, impulsando el desarrollo social y económico del país.

- **Visión**

Ser la empresa líder en producción de óxido de etileno y sus derivados, para contribuir junto con el complejo petroquímico Ana María Campos "PEQUIVEN" en la transformación de Venezuela en una potencia petroquímica mundial.

- **Valores**

Honestidad, humildad, responsabilidad, respeto, compromiso, sinceridad, justicia social, lealtad, confianza, disciplina.

- **Política de la calidad**

Asegurar la calidad de nuestros productos, óxido de etileno y glicoles de etileno, a través de la gestión y mejora continua de los procesos identificados en nuestro Sistema de Gestión de la Calidad ISO-9001:2008, con lo cual se garantiza la producción y el suministro en forma continua de productos y servicios, que satisfagan los requisitos de nuestros clientes y accionistas, cumpliendo con las regulaciones aplicables, altos estándares de seguridad, preservación del medio ambiente y actualización permanente de las competencias del recurso humano de la organización.

- **Política energética**

El uso racional y eficiente de la energía para lograr el ahorro del 20% de la energía e implementar el sistema de gestión energética basada en la ISO 50001.

2.3.- CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

El “proceso SD” es catalítico. La fase de oxidación del vapor de etileno con oxígeno produce óxido de etileno, el cual seguido por la hidratación no catalítica del mismo, produce etilenglicol.

- **Capacidad de la planta**

La planta comenzó su producción en Marzo de 1993. En una operación anual de 8.000 horas nuestra capacidad probada de producción es de: óxido de etileno: 21.600 ton/año, etilenglicol: 84.000 ton/año, dietilenglicol: 8.400 ton/año, trietilenglicol: 1.300 ton/año.

2.3.1.- PRODUCTOS FINALES DE PRALCA ÓXIDO DE ETILENO (EO)

El óxido de etileno se produce por oxidación directa de etileno en presencia de un catalizador en base plata. A temperatura ambiente, se presenta como un gas incoloro, y a 12°C se encuentra en fase líquida. Su reactividad es extremadamente alta, y es por ello que se utiliza como producto intermedio en un buen número de reacciones, para producir glicoles de etileno, etanolaminas, glicoles éteres, agentes surfactantes, solventes, polioles, como agente de esterilización, emulsificantes, demulsificantes y surfactantes no iónicos.

ETILENGLICOL (MEG)

El etilenglicol se produce por la hidratación no catalítica en fase líquida del óxido de etileno. En la misma reacción se producen dietilenglicol, trietilenglicol, y otros glicoles de altos pesos moleculares, los cuales son separados posteriormente por destilación. A temperatura ambiente, el etilenglicol se presenta como un líquido altamente transparente, incoloro e inodoro. Entre sus usos principales se encuentran la producción de polietileno tereftalato, tanto para fibras como para polietilenglicol, líquidos anticongelantes para motores y maquinarias, resinas de poliéster, agente de tratamiento en la industria del gas natural, en adhesivos, tratamiento de cueros, etc. PRALCA produce: etilenglicol grado fibra (MEG FG) y etilenglicol grado industrial (MEG IG).

DIETILENGLICOL (DEG)

Obtenido de la destilación del producto de la reacción no catalítica principal, se utiliza como producto intermedio en la reacción de resinas insaturadas de poliéster, resinas de poliuretano, en la elaboración de líquido para frenos, como agente deshidratante, en la industria del papel y del celofán. DEG también puede utilizarse como agente deshidratante de gas natural e industrial, como solvente en fluidos funcionales, en tintas de impresión y en pigmentos para textiles. Otros usos incluyen la producción de plastificantes, emulsificantes, surfactantes, policarbonatos y lubricantes.

El producto se despacha en dos modalidades: en barcos desde en puerto, y en transporte terrestre seguro.

TRIELENGLICOL (TEG)

El principal uso del TEG es la deshidratación del gas natural. Otras aplicaciones resaltantes son como solvente, en la producción de plastificantes, poliuria y resinas insaturadas de poliuretano, como humectante para la industria del papel y en la de esponjas sintéticas, polioles, y ha sido ampliamente utilizado en la industria del tabaco como agente humectante

2.4.- CONSUMO DE MATERIA PRIMA.

PRALCA requiere del oxígeno, etileno y el agua de proceso como materia prima fundamental para la producción de óxido de etileno. Estas materias primas provienen del complejo petroquímico Ana María Campos por medio de líneas de tuberías sub-lacustre de aproximadamente treinta kilómetros de longitud.

- Etileno: Proveniente de las plantas de Olefinas del Complejo “Ana María Campos” el Tablazo, por medio de un gasoducto sub-lacustre de aproximadamente 30 Km de longitud, y 20 cm de diámetro.
- Oxígeno: Suministrado por la empresa AGA desde la Plantas de Marathon I y II ubicada cerca Complejo “Ana María Campos” el Tablazo por un gasoducto sub-lacustre de aproximadamente 30 Km de longitud, de 30 cm de diámetro.
- Metano: Gas de relleno (Inerte). Viene mezclado con el etileno desde la planta de Olefinas.
- Agua cruda: Agua filtrada proveniente del embalse del Complejo “Ana María Campos” el Tablazo por medio una línea sub-lacustre de 30 cm de diámetro.

En los procesos de compresión de etileno y oxígeno, y en el bombeo de agua se consume gran cantidad energía desde el origen hasta la planta.

2.4.1.- ÁREAS DE SERVICIOS Y MATERIA PRIMA AUXILIAR

- Agua de proceso. Se utiliza en torres de enfriamiento, planta desmineralizada de agua, y en los sistemas de distribución.
- Agua desmineralizada. es utilizada para la reposición del D-920, U-550, T-540, sellos del K-110, platos 23 y 25 de la C-410.
- Soda caustica. Es utilizada para: unidad U-550, planta desmineralizada de agua, y en el control de pH de T-1504.
- Ácido sulfúrico: es usado en la planta desmineralizada de agua, control de pH en T-1504.

- Aire: se utiliza para instrumentos, y para el lavado de filtros para aflojar el lecho de arena.
- Agua potable: se utiliza para el consumo para oficinas.

2.4.2. MATERIA PRIMA AUXILIAR

- Propano. Se utiliza como piloto de encendido del mechurrio I -1001, Incinerador I-910 y pilotos de caldera B-1301.
- Diesel. Es utilizado para la generación de vapor en la caldera B-1301.

2.4.3. ÁREA DE SERVICIOS

Planta desmineralizadora de agua

El agua de proceso es tratado en un sistema de desmineralización que remueve sólidos suspendidos, olor, CO₂, aniones y cationes libres, entre otros.

Está compuesto por 5 equipos:

- Filtro de arena y filtro de carbón activado.
- Columna catiónica.
- Torre desgasificadora.
- Columna aniónica.
- Columna de lecho mixto.

2.4.4. SISTEMA DE AGUA DE RECICLO (U-550).

Los iones negativos que contiene el agua de reciclo, provenientes del proceso productivo se elimina por medio del intercambio aniónico conformado por los siguientes equipos:

- 2 columnas aniónicas.
- 2 filtros.

- Tanque de almacenamiento de Soda cáustica.

2.4.5.- CALDERA (B-1301)

La caldera genera el vapor necesario para los requerimientos de la planta (intercambiadores, columnas, eyectores). Es de tipo acuotubular (897 tubos), una capacidad de producción de vapor de: 40 ton/hr y presión de trabajo: 30 Kg/cm². Conformado por:

- 2 quemadores de tiro forzado con cámara de combustión.
- 1 piloto a gas y un encendedor de chispa para cada quemador.
- 1 sensor en cada quemador para detectar la pérdida de llama.
- 1 ventilador que suministra el aire de combustión.

2.4.6.- SISTEMA DE COMPRESIÓN DE AIRE.

El sistema toma el aire de la atmósfera y lo comprime para su uso, para el suministro de aire de instrumentos y de la planta. Está conformado por:

- Compresor MK-1101A/B de tipo reciprocante.
- Tambor (pulmón) receptor de aire.
- Sistema de secado del aire con alúmina.

2.4.7.- SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO.

El sistema de agua de enfriamiento es utilizado en el intercambio de calor de los condensadores que lo requieran. Está conformado por dos torres de enfriamiento de tiro inducido:

La torre H-1201 A. Conformada por 3 celdas. Alimenta a equipos críticos: E-322, E-411, C-410, K-110, E-210, entre otros.

- La torre H-1201 B. Conformada por 5 celdas. Alimenta a los siguientes equipos: E-313 A/B/C, E-321, E-536 y E-611.

2.5.- FLUJOGRAMA DE LAS ÁREAS DE SERVICIO

La figura 2.1 refleja el flujograma del proceso productivo, como se puede observar el proceso consta de dos secciones o áreas de proceso identificadas como área de servicio y área de proceso. En estas secciones tienen lugar todos los procesos energéticos para la obtención de los productos finales con el consecuente elevado consumo de energía.

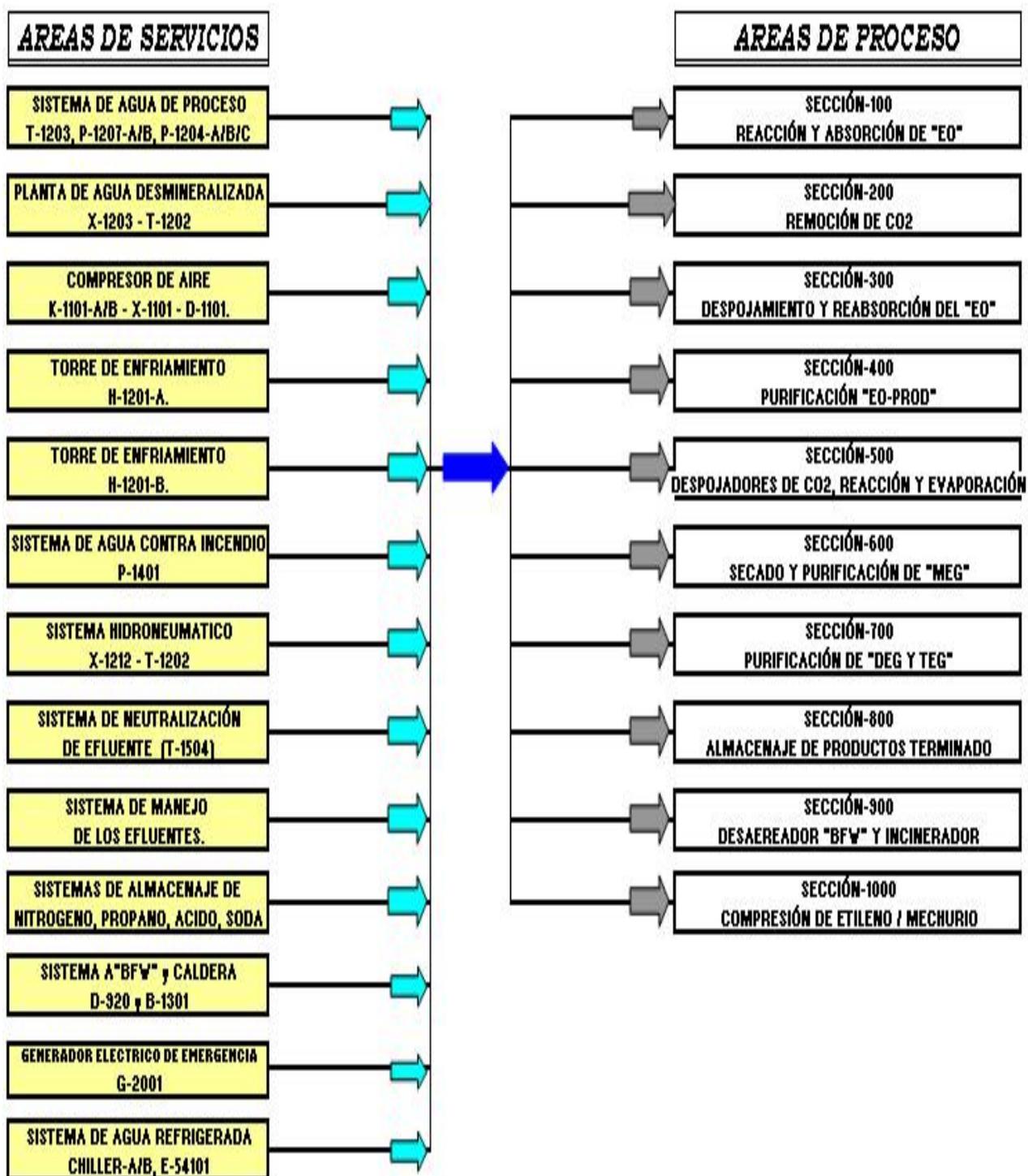


Figura 2.1. Flujograma del proceso de producción de PRALCA.

2.6.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.

La figura 2.2 muestra las secciones 100, 200, y 300 del proceso productivo las cuales corresponden a la estación de mezcla de óxido de etileno (OMS), el reactor de óxido de etileno R-110, el compresor de reciclo MK-110, las columnas de remoción de C-200 para la remoción de CO₂ y la columna C-310

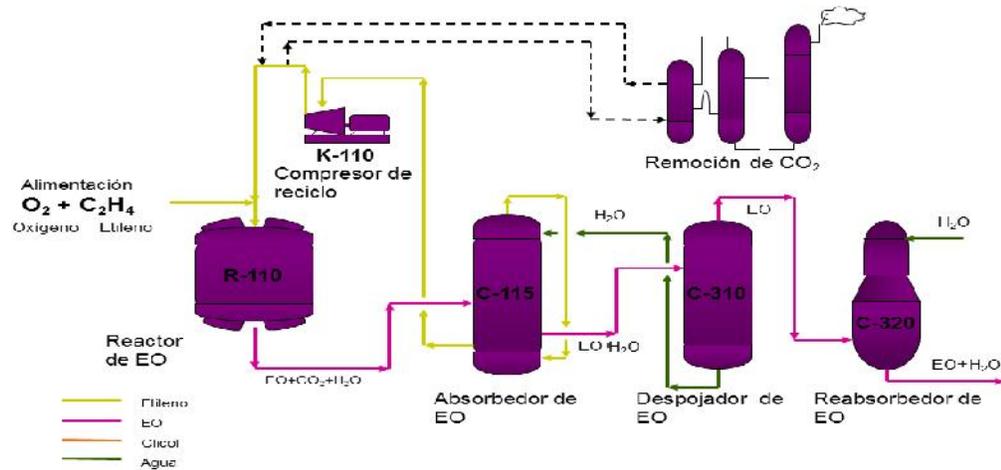


Figura 2.2. Área de proceso de producción de óxido de etileno

La figura 2.3 muestra la sección de purificación y almacenamiento de óxido de etileno.

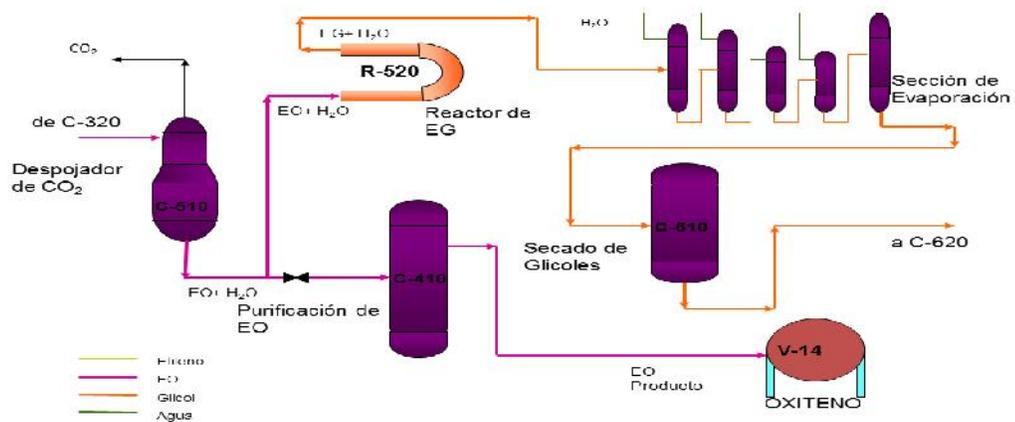


Figura 2.3 Purificación de óxido de etileno.

La figura 2.4 corresponde a el almacenamiento de glicoles donde como producto final se obtienen el dietelinglicol, trietelinglicol con destino a los tanques del almacenamiento para su distribución.

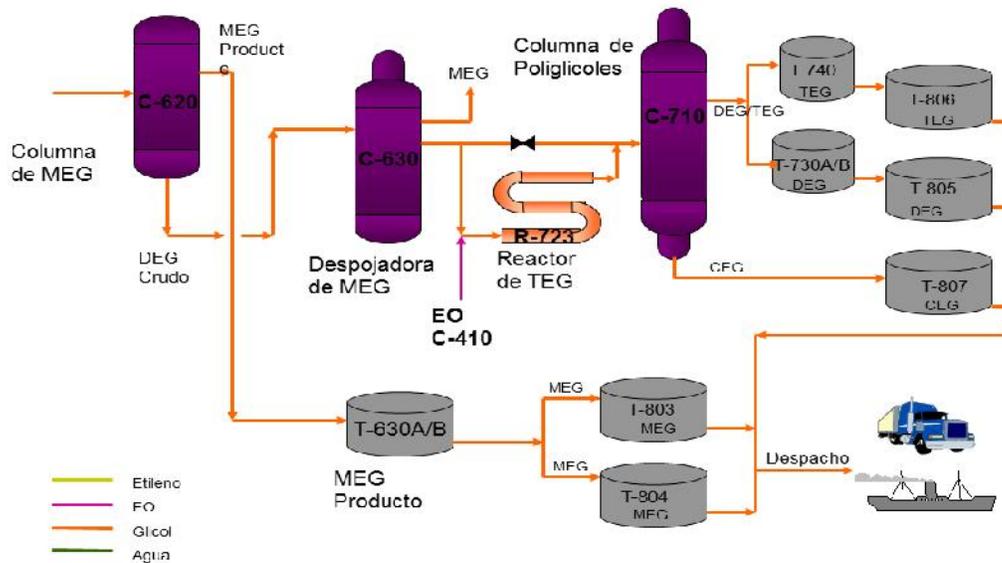


Figura 2.4 Sección de almacenamiento de glicoles y despacho.

2.6.1.- COMPRESOR DE RECICLO MK-110

Es básicamente el corazón de la planta, consta de un motor trifásico de características constructivas atípicas (figura 2.5) debido a que tiene una potencia nominal de 2500 kW y voltaje de 13800 voltios, lo que representa un área de alto consumo de energía eléctrica donde existen grandes potenciales y oportunidades de ahorro de energía.



Figura 2.5. Compresor de recicló MK-110

Características fundamentales del compresor:

- Flujo: 272 ton/hr de gas.
- Tipo: Centrífugo.
- Motor: 3.200 HP(2500 kW)
- Velocidad: 1700 rpm
- Succión: Succiona del fondo de la columna de C-115
- El compresor descarga el gas de recicló proveniente del reactor R-110.

CONCLUSIONES PARCIALES

1. El compresor MK-110 que es el corazón de la planta por su alta potencia se considera alto consumidor de energía eléctrica siendo necesario estudiar los principales impactos energéticos que este ocasiona.
2. La planta es alta consumidora de gasoil por contar con un generador de vapor para el proceso, además de un sistema de bombeo para el manejo de los fluidos, que son consumidores de fluido eléctrico.
3. En las redes de tuberías de gases y de vapor de altas temperaturas se producen pérdidas de transmisión de calor al medio que afectan la eficiencia del proceso.

CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN PRALCA.

3.1.- EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA UNIDAD

La evaluación energética se inicia con la identificación de los principales problemas energéticos que tienen lugar en PRALCA, para lo cual se realizó una tormenta de ideas a los directivos y miembros del comité energético con el objetivo de determinar el estado de la gestión energética a nivel empresa. En el anexo 1 se muestran los criterios que se consideraron para determinar el nivel de competencia de la gestión energética de PRALCA.

3.1.1.- MATRIZ DE GESTIÓN ENERGÉTICA

La matriz de gestión energética se construyó a partir considerar las opiniones a los distintos niveles organizacionales existentes en la empresa para lo cual se seleccionaron los siguientes aspectos de la gestión energética:

1. Política energética.
2. Organización
3. Información y comunicación
4. Monitoreo y control
5. Divulgación y caracterización
6. Inversiones.

La tabla 3.1 muestra la matriz energética obtenida una vez realizado el diagnóstico sobre el estado de la gestión en PRALCA.

Tabla 3.1. Matriz energética de PRALCA.

	Política Energética	Organización	Información y comunicación	Monitoreo y Control	Divulgación y capacitación	Inversiones
4	Se cuenta con una política y un sistema de gestión energética formalmente estructurados, y un plan de acción que se revisa regularmente por la alta dirección.	El sistema de gestión energética está totalmente integrado a la estructura de gestión empresarial, existe una clara delegación de responsabilidades en el control del uso de la energía.	Existen canales formales e informales de comunicación utilizados regularmente por el gerente de energía y los equipos de trabajo a todos los niveles.	Se cuenta con un sistema integrado que establece metas, monitorea índices energéticos efectivos en equipos claves e identifica las desviaciones, cuantifica los costos energéticos y los ahorros.	Divulgación efectiva del valor de la eficiencia energética y del comportamiento y resultados de la gestión energética dentro y fuera de la organización. Alto nivel de competencia en el personal que decide en la eficiencia energética.	Estrategia en favor de las inversiones para ahorro de energía, con evaluación detallada en todas las nuevas inversiones y para el aprovechamiento de las oportunidades de mejora en las instalaciones existentes.
3	Se cuenta con una política energética, pero no con un sistema estructurado de gestión energética y no existe un compromiso activo de la alta dirección.	Se tiene un gerente de energía y un comité de energía presidido por un miembro de la alta dirección.	El comité de energía se utiliza como canal principal, conjuntamente con el contacto directo con los mayores usuarios.	Monitoreo y establecimiento de metas en equipos claves, pero no se cuantifican y reportan los ahorros de manera efectiva.	Programas de entrenamiento del personal que decide en la eficiencia energética y campañas regulares de divulgación	Se utilizan los mismos criterios de rentabilidad que para todas las otras Inversiones.
2	La política energética no está formalizada y ha sido establecida por el gerente de energía o un gerente departamental.	Se tiene un gerente de energía, que reporta a un comité ad-hoc, pero la línea de mando y autoridad no están claramente establecidas.	Se realizan contactos con los mayores usuarios a través del comité ad-hoc, presidido por un gerente departamental.	Monitoreo y establecimiento de metas basadas en las mediciones generales y en la facturación.	Acciones aisladas de divulgación y capacitación.	Se utiliza mayormente el criterio de la recuperación de la inversión a corto plazo
1	Solo se cuenta con un conjunto de indicaciones generales no escritas sobre el uso de la energía.	La administración de la energía forma parte de la responsabilidad de alguien con limitada influencia o autoridad.	Contactos informales entre el gerente de energía y unos pocos usuarios.	Reporte de costos energéticos basado en la facturación. El gerente de energía elabora reportes para uso dentro del departamento técnico.	Contactos informales para promover la eficiencia energética.	Solo se implementan medidas de bajo costo.
0	No existe una política energética explícita	No se cuenta con un gerente de energía ni delegación de responsabilidad formal relativa al uso de la energía	No se realiza contacto con los usuarios	No hay sistema alguno de monitoreo y control	No se realiza ninguna promoción de la eficiencia energética	No se tiene como premisa la inversión para incrementar la eficiencia energética.

3.1.1.- GRÁFICO MATRIZ DE GESTIÓN ENERGÉTICA

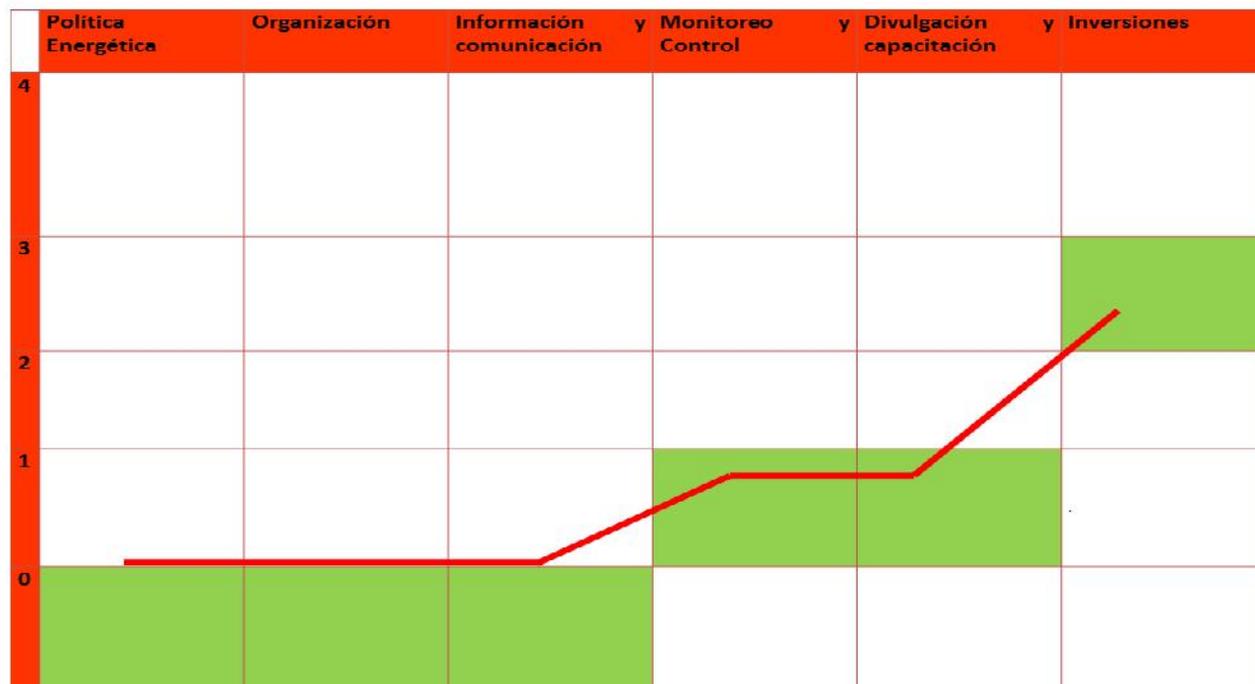


Figura 3.1. Gráfico de la matriz energética en PRALCA

3.2.- INDICADORES ENERGÉTICOS

En el proceso de producción los portadores más resaltantes son la electricidad, el agua y el diesel. Se determinó según un gráfico de pareto que el mayor consumo lo representa la energía eléctrica.

La figura 3.2 se muestra el pareto de los portadores energéticos utilizados en la planta

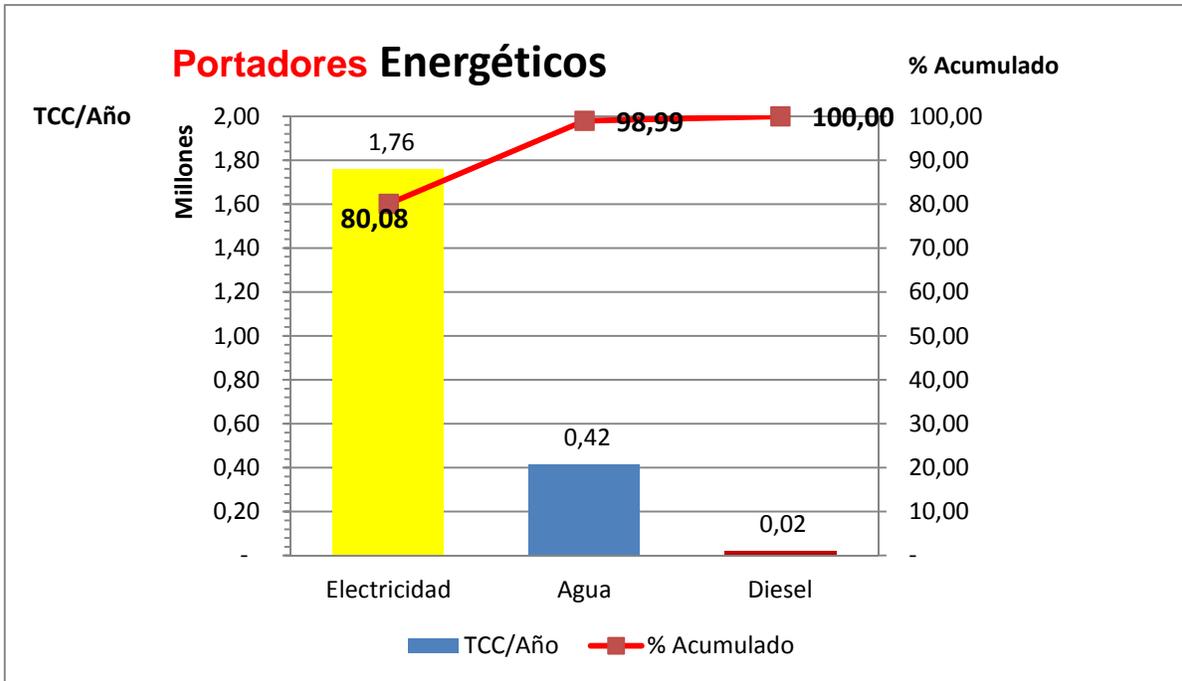


Figura 3.2. Diagrama de Pareto de portadores energéticos

Después de determinar los principales portadores energéticos y obtenidos el Pareto, se evidencia que la energía eléctrica representa la mayor partida. A partir de esto realizó la estratificación del consumo de la energía por área de proceso, y de todos sus equipos eléctricos a fin de poder tomar decisiones a la hora de ahorrar energía. En la sección 100 es donde se encuentra el mayor consumo de energía, figura 3.3

3.2.1.- ESTRUCTURA DE CONSUMO DE ENERGÍA DE PRALCA.

Para conocer la influencia de cada portador energético en cuanto al consumo, se realiza una estratificación de ellos y así poder determinar cuál o cuáles de estos superan el 80 %, y sobre la base de estos resultados tomar las medidas pertinentes para disminuir estos consumos.

El gráfico 3.3 muestra la distribución del consumo energético en las distintas secciones de la planta.

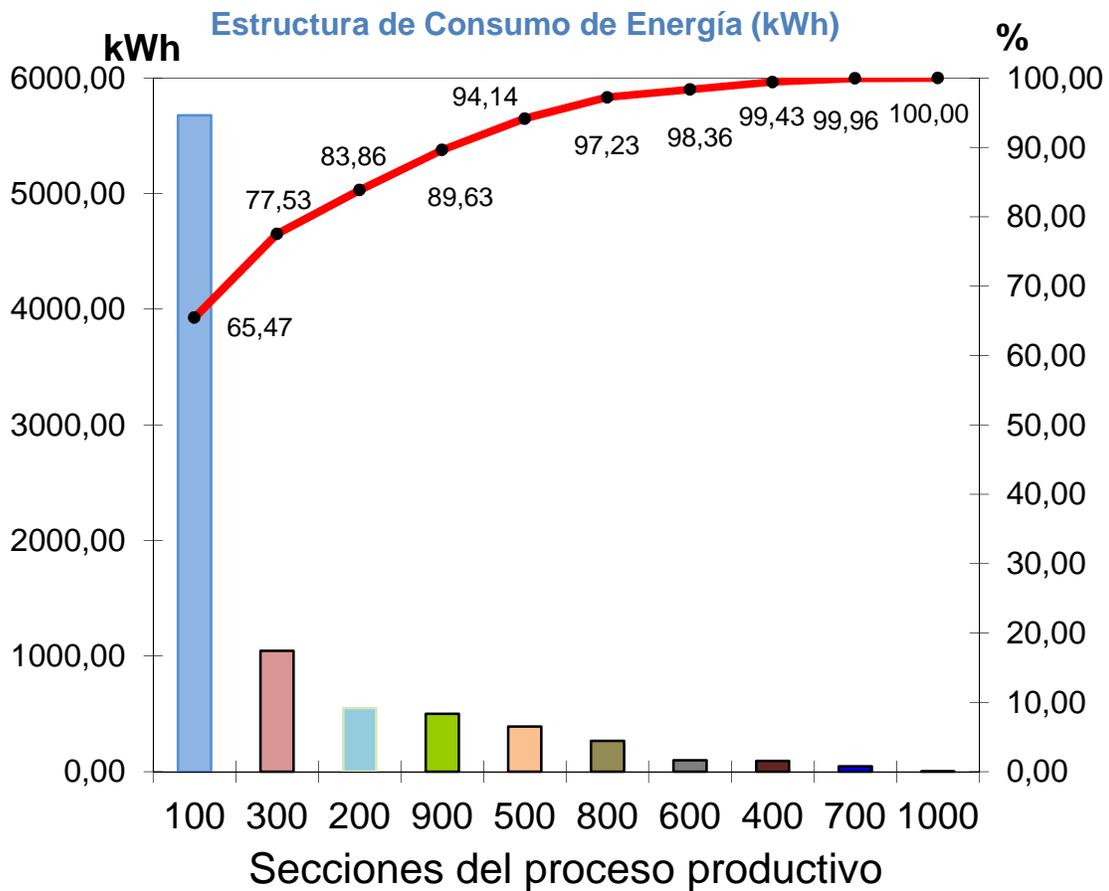


Figura 3.3. Consumos de energía por secciones de la planta (kWh).

A partir de la estratificación de los consumos por áreas se define, que la sección 100, la cual es el área de reacción y absorción de óxido de etileno, representa el 65,47% del consumo de energía, en segundo lugar y representando el 12,06% de consumo de energía se encuentra la sección 300 o área de despojamiento y reabsorción de óxido de etileno.

El porcentaje de consumo responde precisamente a la presencia del compresor MK-110 en sección, razón por la cual dicha sección constituye el objeto de estudio. Esta situación no descarta que en otras áreas de la planta existan algunas

potencialidades de ahorro energético independientemente que sus magnitudes expresadas en porciento no sean comparables con las de la sección 100.

3.2.2- CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO EN LOS ÚLTIMOS DOS AÑOS, ANÁLISIS DE TENDENCIA.

A partir de la información suministrada por La empresa PRALCA, se obtuvo la data histórica del consumo mensual en kWh, de electricidad desde el mes de Enero del 2008 hasta el mes de Octubre de 2010 (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Consumo de Energía de PRALCA periodo Enero 2008 hasta Octubre 2010.

No	Meses	Consumo por años kWh		
		2008	2009	2010
1	Enero	3.560.000,00	3.620.000,00	2.650.000,00
2	Febrero	3.120.000,00	2.900.000,00	2.870.000,00
3	Marzo	3.280.000,00	3.270.000,00	3.250.000,00
4	Abril	1.280.000,00	3.220.000,00	1.280.000,00
5	Mayo	3.360.000,00	3.310.000,00	2.950.000,00
6	Junio	3.240.000,00	3.180.000,00	2.990.000,00
7	Julio	3.400.000,00	3.280.000,00	2.910.000,00
8	Agosto	3.300.000,00	3.340.000,00	3.280.000,00
9	Septiembre	3.390.000,00	3.270.000,00	3.030.000,00
10	Octubre	3.600.000,00	3.250.000,00	2.930.000,00
11	Noviembre	3.490.000,00	3.170.000,00	
12	Diciembre	3.620.000,00	3.280.000,00	

En la figura 3.4 se muestra el gráfico de control del comportamiento del consumo energético mensual. Existe un consumo promedio de alrededor de 3132 MW, durante los años 2008 y 2010 se produjeron dos paradas en la planta, el de 1280MW corresponde a la energía consumida por la planta cuando la producción en cero (E_0).

El proceso de consumo de energía de la empresa muestra estabilidad ya que a excepción de los meses donde se produjeron las paradas los valores están dentro del rango establecido de desviación estándar de 3 .

kWh

Control del Consumo de Energía Eléctrica

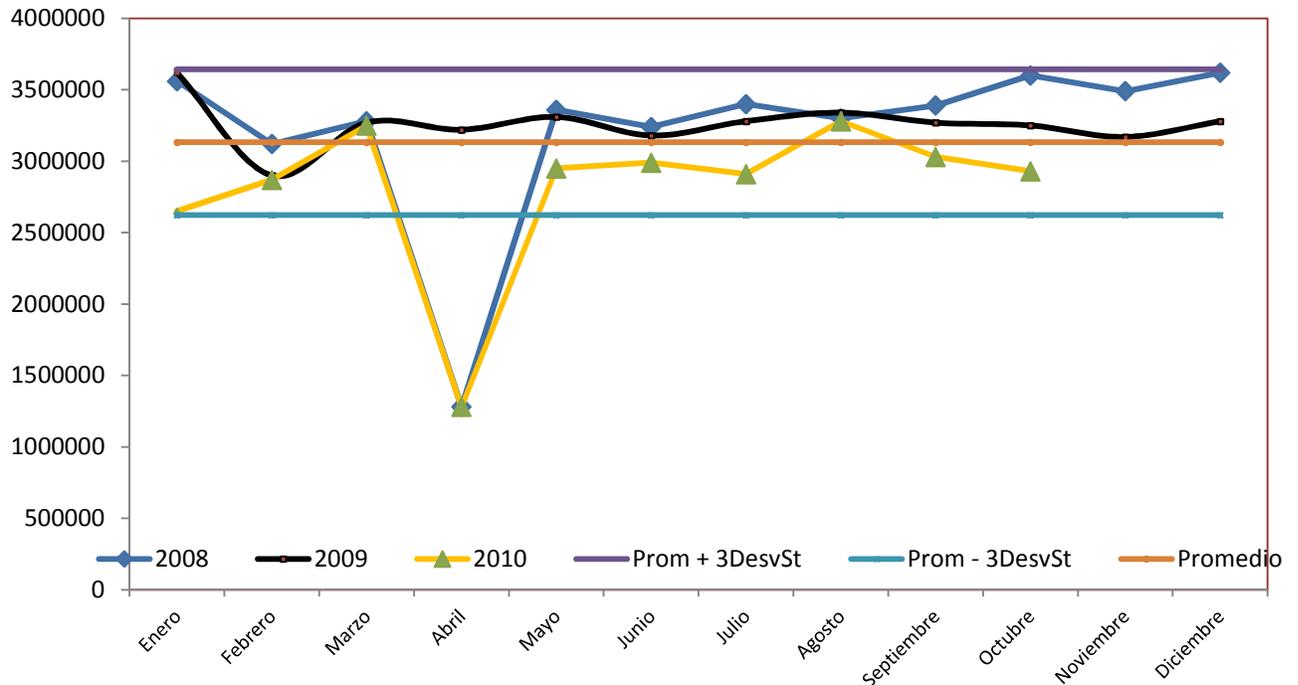


Figura 3.4. Gráfico de control del consumo de energía desde Enero de 2008 hasta Octubre de 2010.

En la tabla 3.3 se muestran los valores de consumo de energía y producción del periodo Enero 2008 hasta octubre del 2010. Dichos valores se utilizan en la confección del gráfico de control de consumo para el periodo analizado, (figura 3.5).

Tabla 3.3. Valores de consumo de energía y producción del periodo Enero 2008-
Octubre del 2010.

Meses	2008		2009		2010	
	Consumo (kWh X10 ³)	Producción (Ton)	Consumo (kWh X10 ³)	Producción (Ton)	Consumo (kWh X10 ³)	Producción (Ton)
Enero	3.560	5.589,45	3.620	6.309,21	2.650	3.450,26
Febrero	3.120	5.249,69	2.900	5.349,85	2.870	5.277,50
Marzo	3.280	5.083,86	3.270	6.206,13	3.250	6.163,85
Abril	1.280	1.014,49	3.220	6.110,28	1.280	1.100,43
Mayo	3.360	6.619,58	3.310	6.734,04	2.950	4.986,47
Junio	3.240	6.401,02	3.180	6.547,81	2.990	4.463,18
Julio	3.400	6.400,30	3.280	6.226,77	2.910	4.133,48
Agosto	3.300	5.391,50	3.340	6.442,10	3.280	4.504,30
Septiembre	3.390	6.254,76	3.270	5.722,73	3.030	3.751,92
Octubre	3.600	6.617,09	3.250	4.968,14	2.930	3.867,09
Noviembre	3.490	6.353,14	3.170	5.682,05		
Diciembre	3.620	6.280,07	3.280	5.497,79		

A partir del procesamiento de los valores de la tabla 3.3 se construyó el gráfico de control del índice de consumo en PRALCA para el periodo estudiado (figura 3.5). El índice de consumo para este caso es la relación entre el consumo de energía entre la producción de glicoles expresados en toneladas (ton).

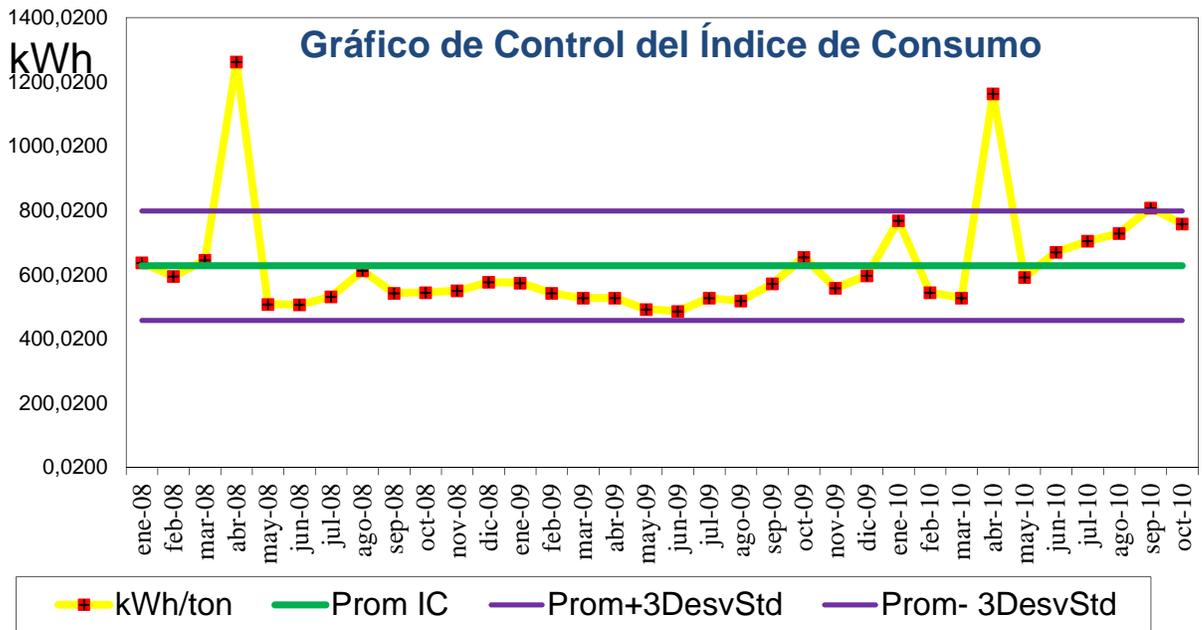


Figura 3.5 gráfico de control del índice de consumo en PRALCA.

En el gráfico de consumo se puede observar en Abril el año 2008, y Abril 2010 se incrementa el índice de consumo de la planta debido a las paradas ocurridas en esos días que afectó sensiblemente la producción de la planta.

El gráfico de la figura 3.6 muestra el comportamiento de la energía consumida desde enero del 2008 hasta octubre 2010, contra la producción de ese periodo.

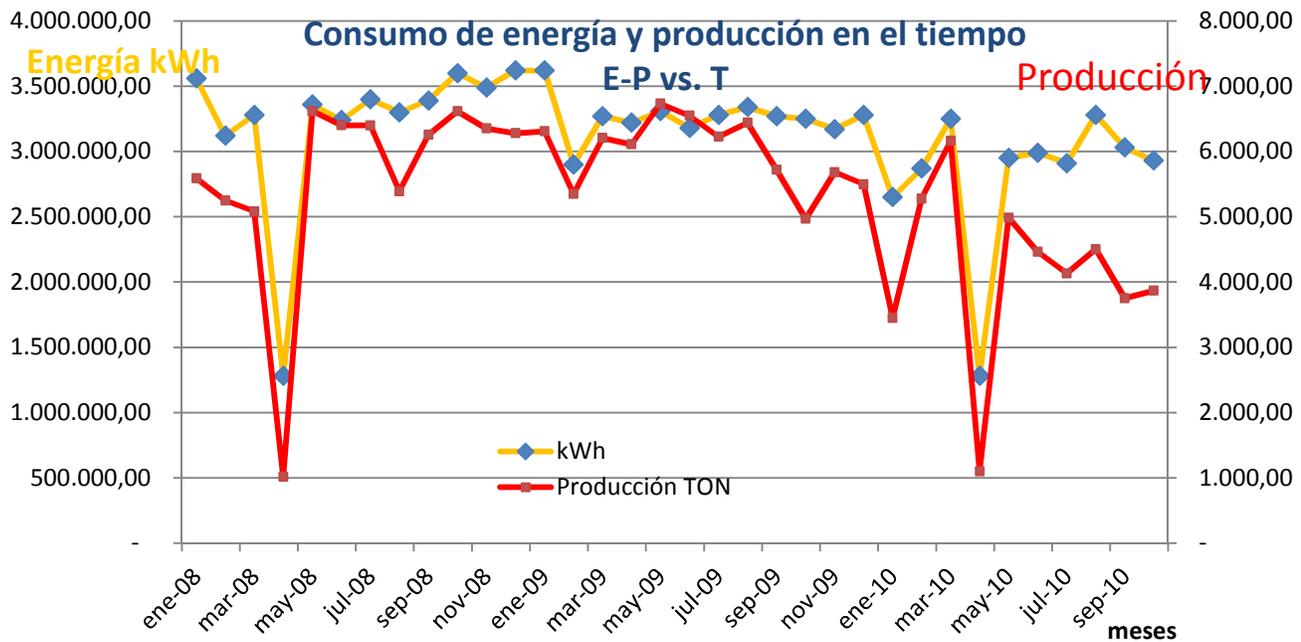


Figura 3.6. Gráfico de consumo de energía Vs producción.

Se puede observar en el gráfico de energía y producción que la producción está relacionada casi en su totalidad con el consumo de la energía, y es preciso mencionar que a partir de Mayo 2010 el consumo de energía se mantiene pero la producción disminuye en un 40%, debido fundamentalmente a que su principal cliente dejó de solicitarle el producto en esa magnitud.

3.2.3.- DIAGRAMA DE DISPERSIÓN

La figura 3.7 indica la correlación que se establece entre el consumo de electricidad y los niveles de producción de PRALCA en el periodo comprendido entre Enero 2008 y Octubre 2010.

Diagrama de dispersión Consumo de Electricidad vs. Producción

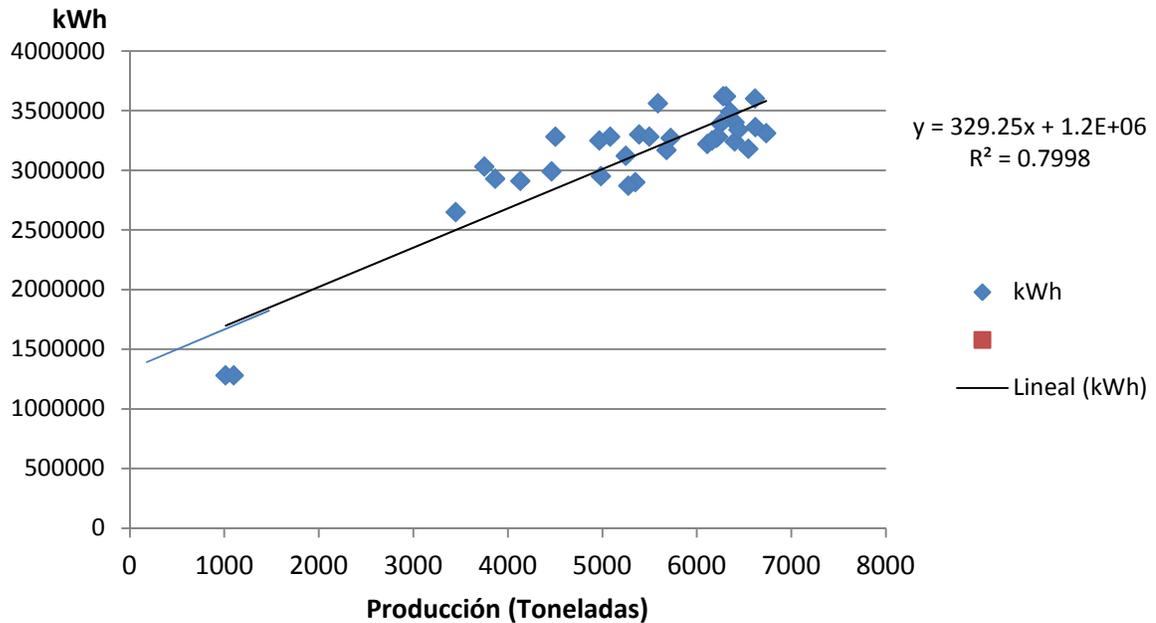


Figura 3.7 Diagrama de dispersión, consumo de electricidad Vs producción

En la correlación de la energía con respecto a la producción, sólo se aprecia una disminución de energía y producción en los períodos de parada de planta. La ecuación que rige la dependencia de estas variables queda expresada por:

$$Y = 325,2 X + 1280000. \quad (1)$$

Donde X es la producción.

Debido a que el R^2 es mayor que 0,75 la correlación entre las dos variables es aceptable. En caso de que la planta deje de funcionar por concepto de paradas se observa que aún existirán gastos energéticos no asociados al proceso productivo.

3.2.4.-COMPORTAMIENTO DEL INDICE DE CONSUMO CONTRA PRODUCCIÓN.

La figura 3.8 muestra el comportamiento de índice de consumo contra la producción, y el establecimiento de la línea base que sirve como periodo de referencia para el seguimiento de este índice en otros períodos de estudio

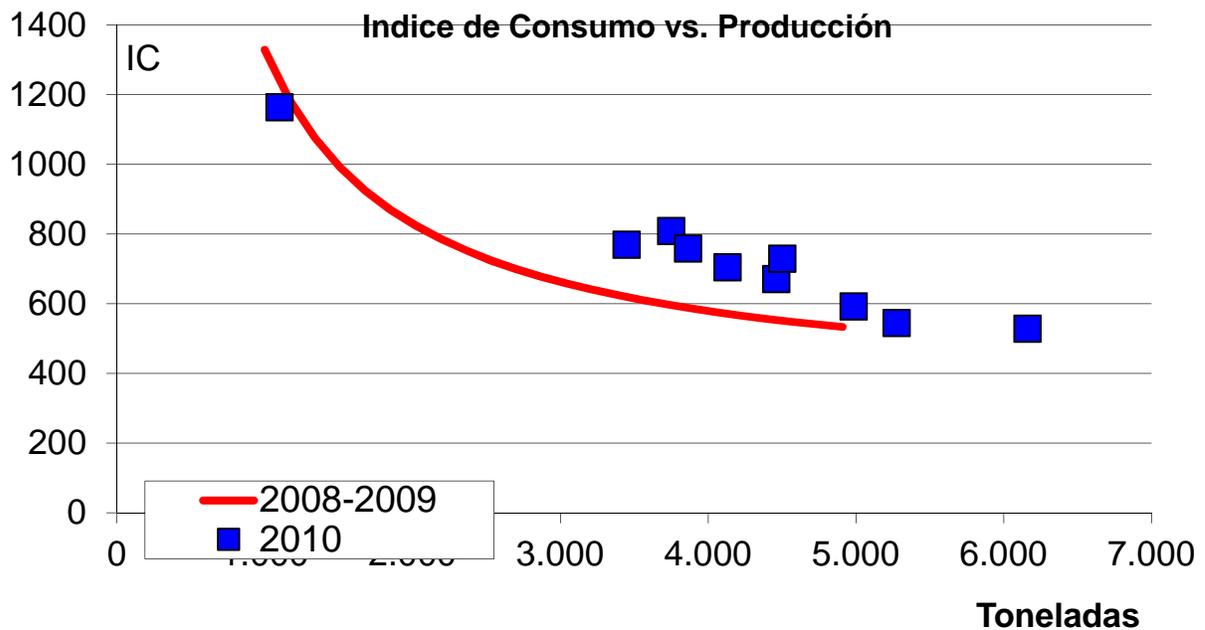


Figura 3.8. Comportamiento del índice de Consumo vs. Producción.

En el índice de consumo aumenta al disminuir la producción observándose que en el 2010 existe un incremento en este índice con respecto al periodo base de los años 2008 – 2009.

La tabla 3.4 muestra los datos de las mediciones necesarias del año 2010, (representados por rectángulos) que permite graficar la tendencia del consumo energético en el año y determinar algunos indicadores importantes como son la suma acumulativa (CUSUM) y las diferencias entre el valor real y el calculado para el periodo base tomado.

Se observa que en año 2010 el índice de consumo se comporta superior a la línea base, lo que indica que hubo inestabilidad en el proceso de producción de óxido de etileno provocado por paradas de la planta.

Tabla 3.4. Datos necesarios para realizar el gráfico de tendencia

Mes	kWh real	Producción (ton)	kWh calculado	Diferencia	CUSUM
ene-10	2650000	3450	1.235.997	1.414.003	1.414.003
feb-10	2870000	5278	1.837.618	1.032.382	2.446.384
mar-10	3250000	6164	2.129.448	1.120.552	3.566.936
abr-10	1280000	1100	462.317	817.683	4.384.619
may-10	2950000	4986	1.741.795	1.208.205	5.592.823
jun-10	2990000	4463	1.569.503	1.420.497	7.013.320

3.3.- ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA EN PRALCA.

Con vistas a cuantificar posibles potenciales de ahorros en el sistema eléctrico primero se procedió al estudio de la calidad de la energía, y la incidencia que tiene en la factura que paga la empresa que presenta.

A partir de la caracterización de las instalaciones eléctricas se puede proceder a realizar propuestas técnicamente ventajosas que reporten beneficios económicos y ambientales.

La planta cuenta con un determinado número de transformadores que le permite el servicio a los diferentes niveles de voltaje que necesita la planta. El motor MK-110 se encuentra directamente conectado a la alimentación de 13800V. En la tabla 3.5 se muestran las principales especificaciones técnicas del banco de transformadores de la planta.

Tabla 3.5. Especificaciones del banco de transformadores de PRALCA

ESPECIFICACIONES DE LOS BANCOS DE TRANSFORMADORES		
Denominación	Voltaje:	Esquema de conexión
Transformador 1	115.000V / 13.800 V Y 10 – 12.5 MVA	Delta – Estrella
Transformador 2	13.800V / 480V	Delta – Estrella
Transformador 2-A y Transformador 2-B.	13.800V / 2.400V 2 – 2.2 MVA	Delta – Estrella
Transformador 1-A y Transformador 1-B	3 – 3.5 MVA	Delta – Estrella

BANCO DE CAPACITORES

En la línea de 13.800 V existe un banco de compensación de 2.400 KVAR, y en la barra 2.400 V se instaló un banco de capacitores de 1.200 KVAR

3.3.1.- MEDICIONES REALIZADAS EN LA SUB-ESTACIÓN 115KV PRALCA 1 Y 2.

En gráfico de la figura 3.9, y 3.10 se platearon las mediciones de corriente por fase realizadas en PRALCA 1 y PRALCA 2.

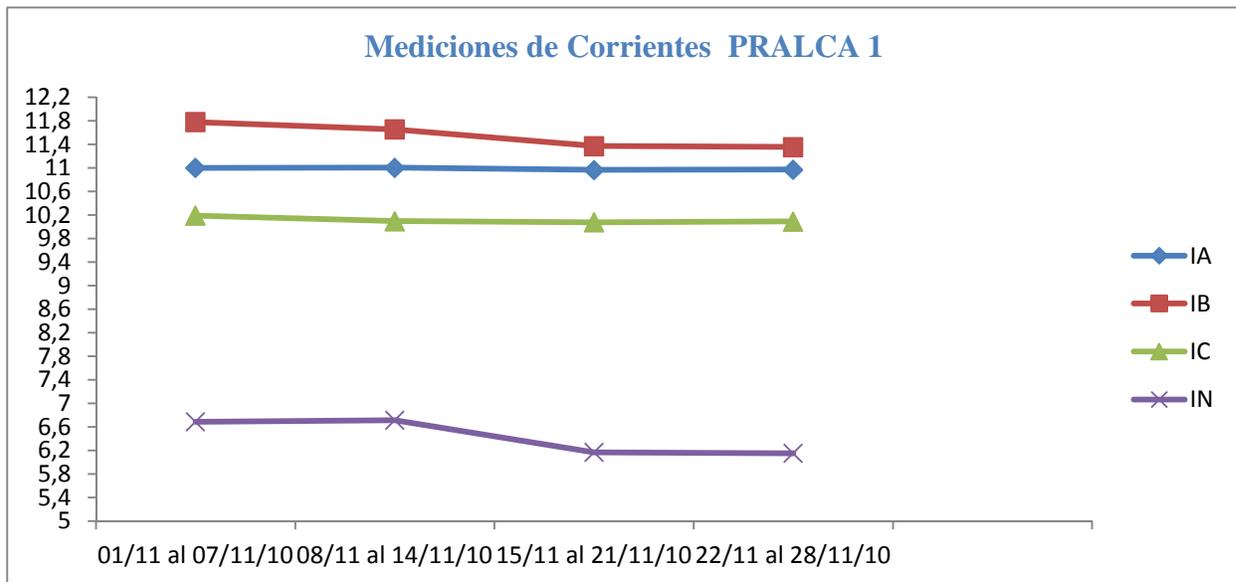


Figura 3.9. Mediciones de Corriente - Transformador PRALCA 1

Se observa un ligero desbalance de corrientes debido a que no solo se alimentan cargas trifásicas, sino también monofásicas.

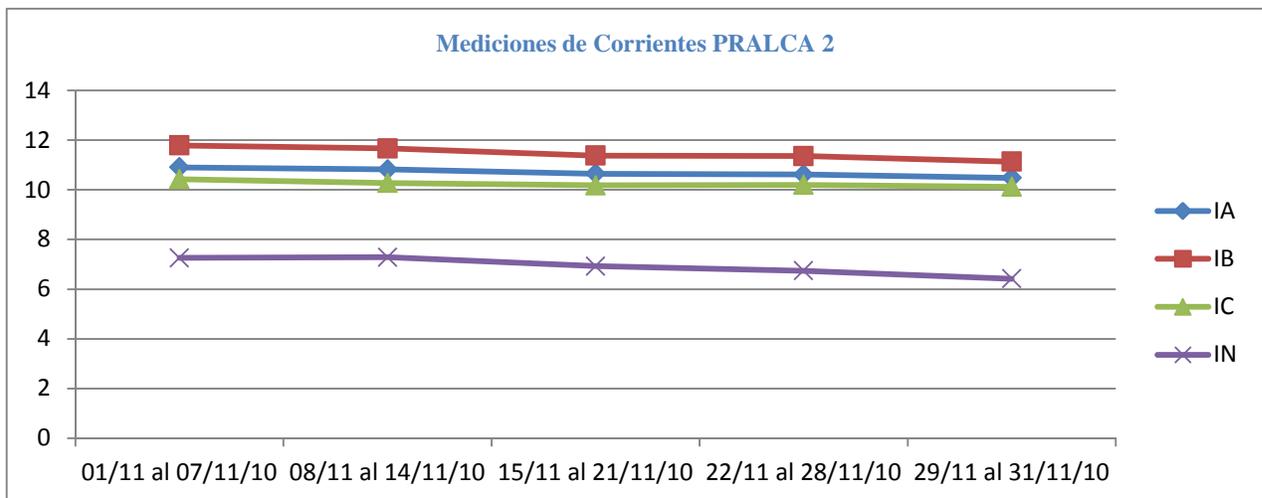


Figura 3.10. Mediciones de corriente, en el transformador PRALCA 2

En las figuras de la 3.11 a la 3.16 aparecen los gráficos correspondientes a las mediciones de potencia activa, reactiva y aparente para los las líneas PRACA 1 y PRALCA 2

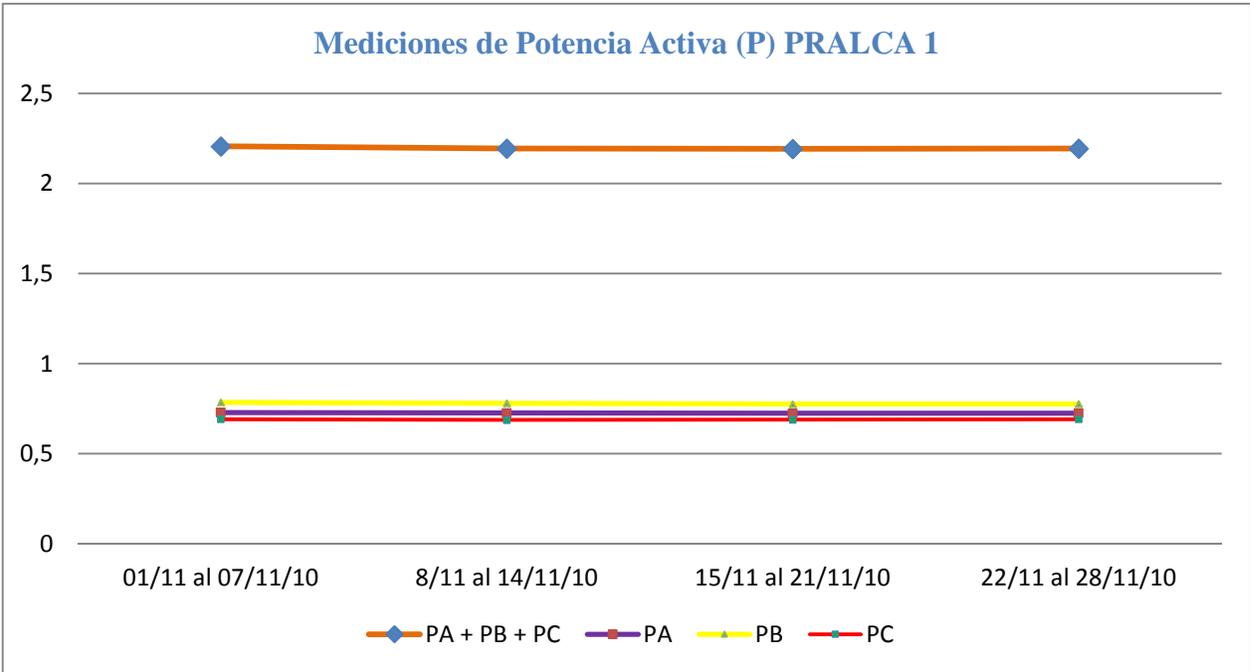


Figura 3.11. Mediciones de potencia activa – Transformador PRALCA 1

La potencia activa que consume PRALCA 1 es prácticamente constante debido a sus características de producción.

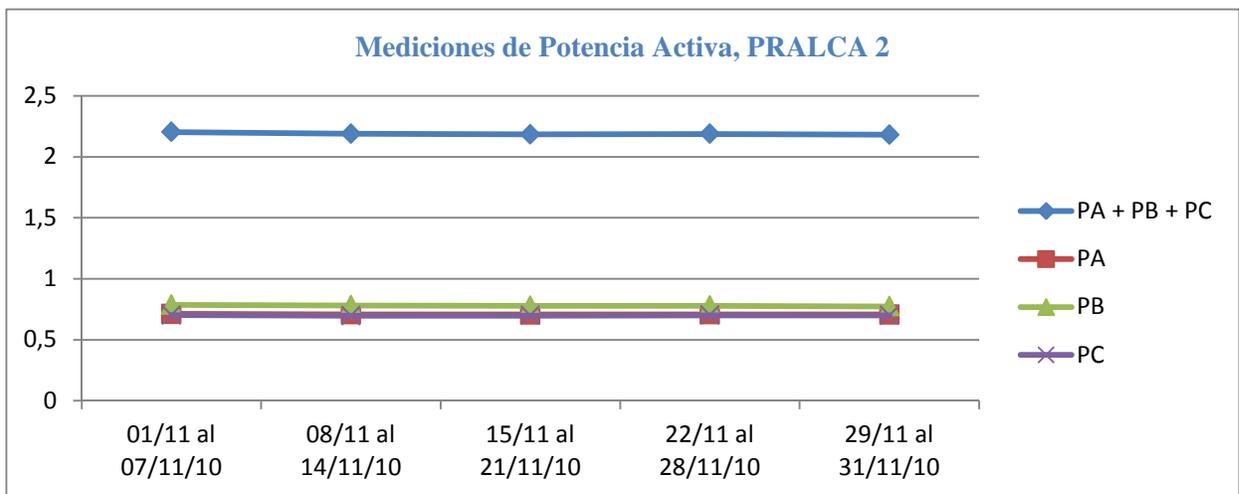


Figura 3.12. Mediciones de potencia activa - Transformador PRALCA 1

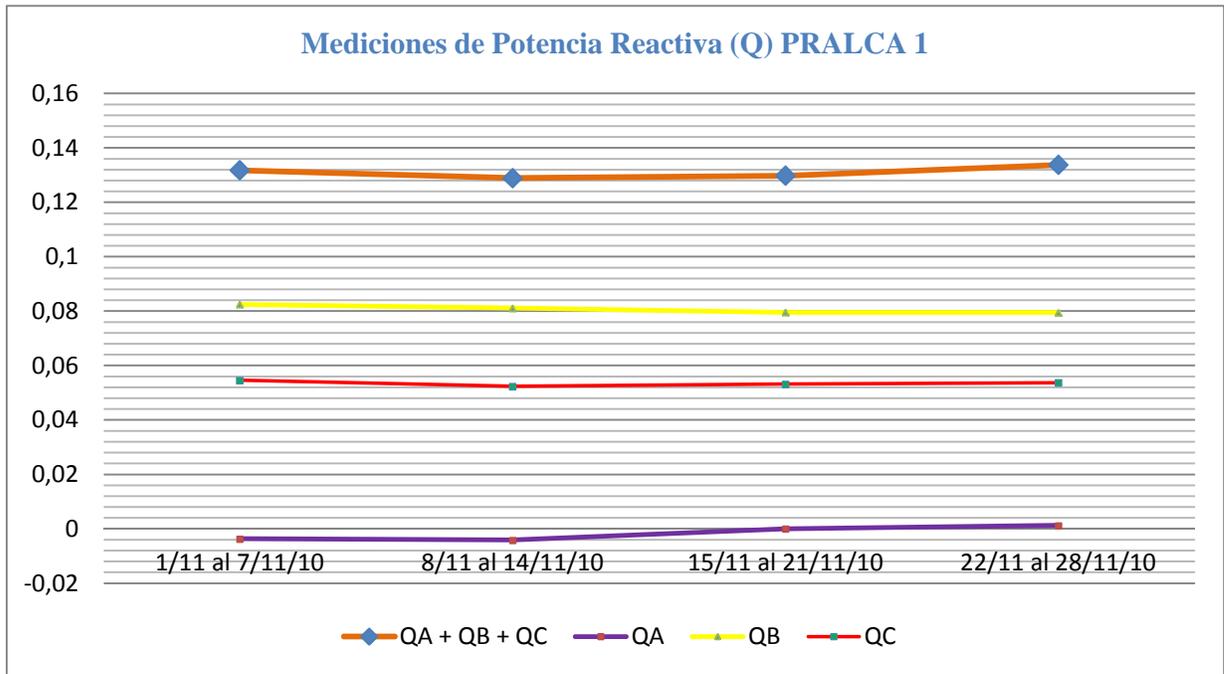


Figura 3.13. Mediciones de potencia reactiva - Transformador PRALCA 1

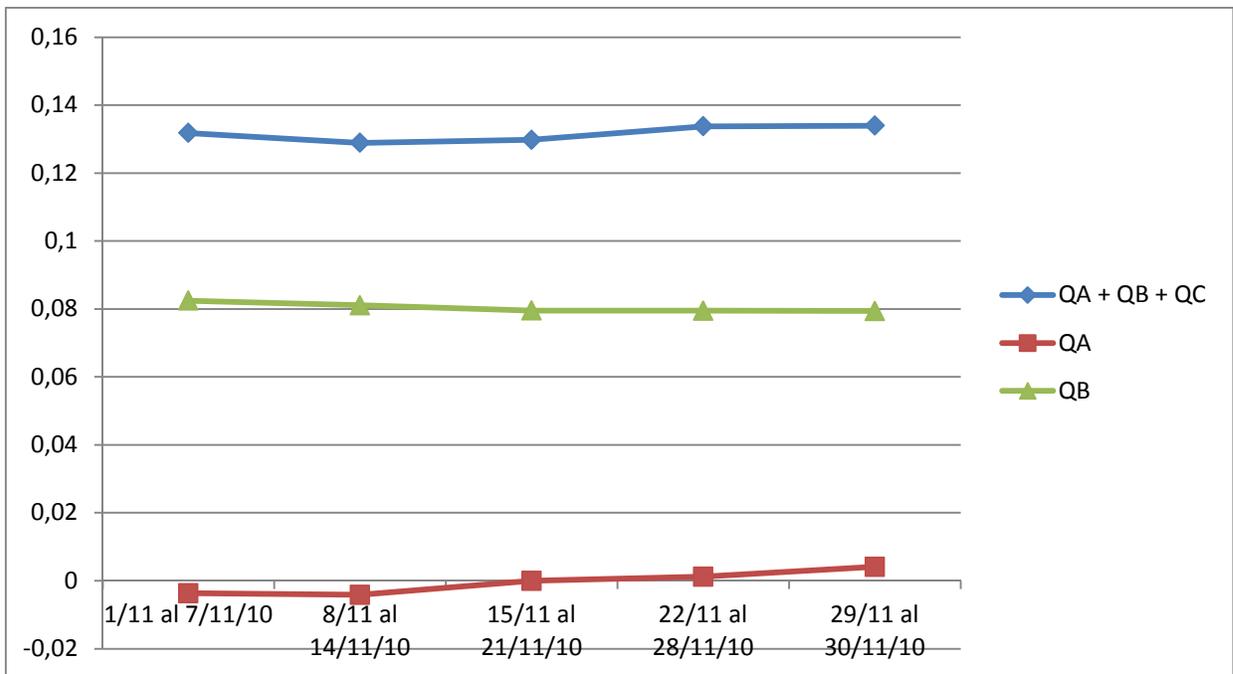


Figura 3.14. Mediciones de potencia reactiva - Transformador PRALCA 2

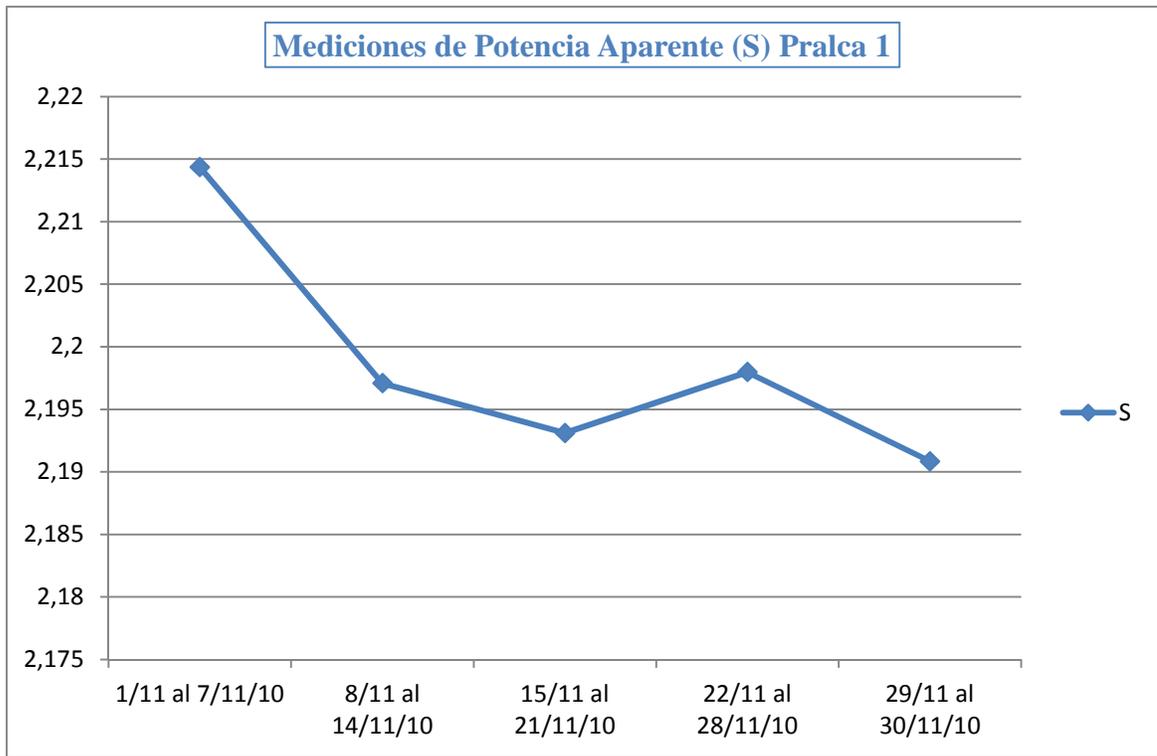


Figura 3.15. Mediciones de Potencia Aparente - Transformador PRALCA 1

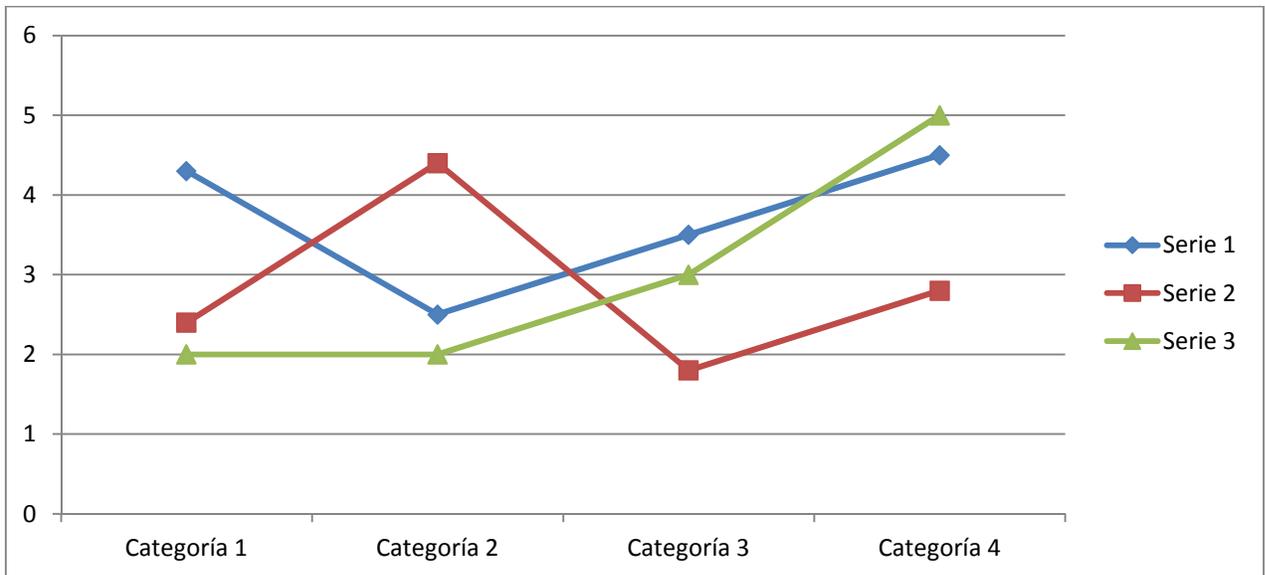


Figura 3.16. Mediciones de potencia aparente - Transformador PRALCA 2

Las figuras 3.17 y 3.18 reflejan la distorsión de armónicos de corrientes a las líneas PRALCA 1 y PRALCA 2

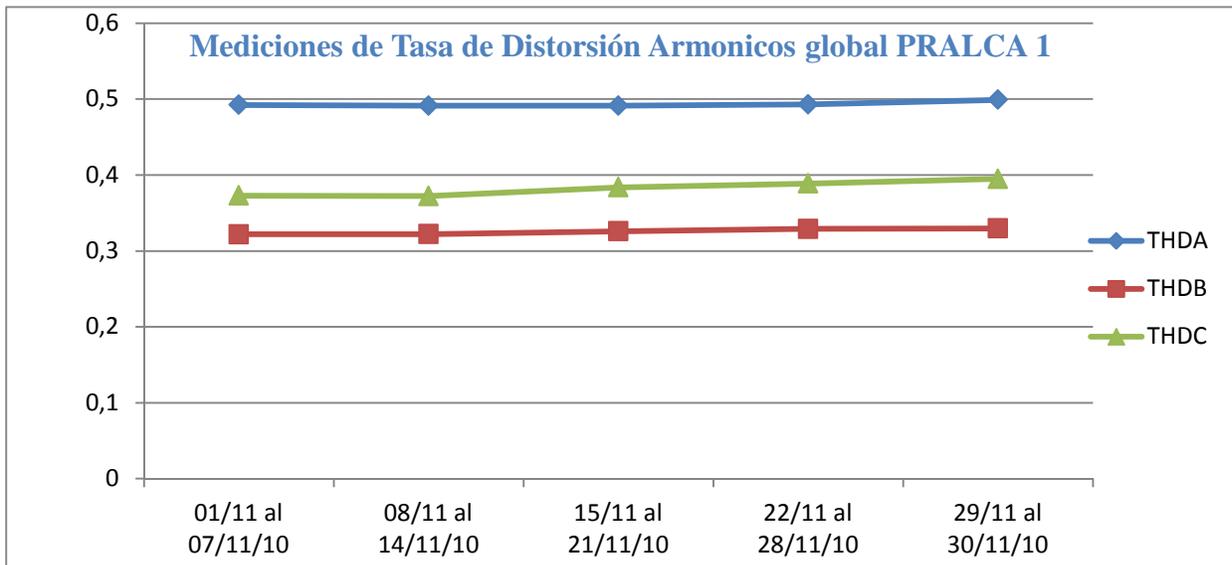


Figura 3.17. Mediciones de Distorsión de Armónicos de Corriente - Transformador PRALCA 1

La distorsión armónica en PRALCA es baja, debido a que la carga principal está formada por motores eléctricos trifásicos.

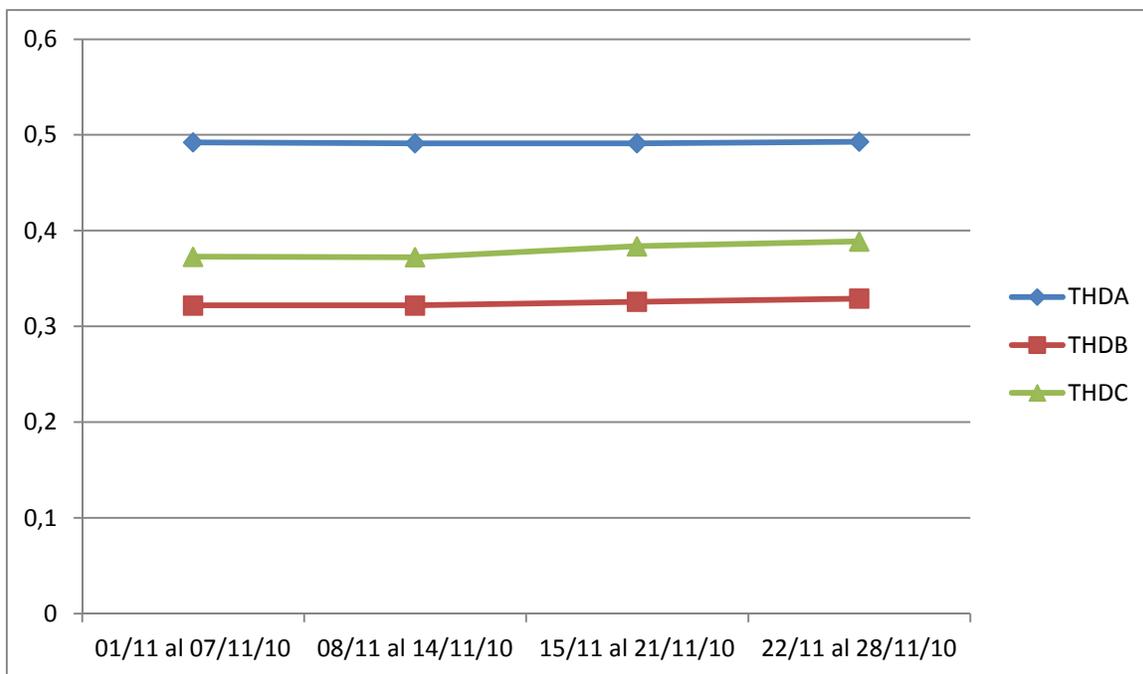


Figura 3.18. Distorsión de armónicos de corriente - Transformador PRALCA 2.

3.3.2- TARIFA ELÉCTRICA CONTRATADA POR PRALCA

La tarifa eléctrica aplicada a la empresa está sujeta a lo establecido en la Resolución sobre tarifas publicadas en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 3.745 extraordinaria del 03 de Abril de 2002.

TARIFA 6: SERVICIO GENERAL 4

Artículo 13: Corporación Eléctrica (CORPOLEC).

CARACTERÍSTICAS:

Corriente alterna de 60 Hz, en alta tensión y fases disponibles en la planta.

APLICACIÓN:

La tarifa se aplica para cualquier uso permanente de servicio de energía suministrado en voltajes iguales o superiores a 115 KV.

TARIFA MENSUAL:

El cargo mensual será la suma de un cargo por demanda y un cargo por la energía consumida, según los valores que se indican durante la vigencia de esta Resolución.

En la figura 3.19 se muestra una copia de la factura de electricidad pagada por PRALCA en el mes de Noviembre del año 2010



No. de Cuenta Contrato 100001395241

Detalle Electricidad

Periodo Facturado		Días	Lecturas		Consumo	Mult.	Tarifa
Desde	Hasta	Cons	Ant.	Act.	Kwh.		
01-11-2010	30-11-2010	30	12.694	13.009	3.150.000	10000	06
D.A.C. ⁵	Demanda Leida	Demanda Fact.				C.A.C.E. ⁴	C.I.M. ² F.A.P. ³
4.800	4.590	4.800				0,00458400	0,00000 1,1263000

Aplicación de Tarifa: Tarifa 06 Servicio General 4

Aplicaciones	Bs.F.
Periodo Desde: 01-11-2010 Periodo Hasta: 30-11-2010	
Consumo = 3.150.000,00 kWh 4.800,00 kVA	
Cargo por energía a Bs F. 0,02984695 por 3.150.000,00 kWh	94.017,89
Cargo por Demanda a Bs F. 4,29120300 / 30 por 30 - 4,29120300 por 4.800,00 kVA	20.597,77
SUB-TOTAL Bs.F.:	114.615,66
Total Bs.F.	114.615,66

Figura 3.19. Factura, detalle de factura de electricidad Noviembre 2010.

Tarifa Eléctrica	BsF. 114.615,66
C.A.C.E.	BsF. 14.439,60
Sub-Total	BsF. 129.055,26
IVA Energía	BsF. 15.486,63
Total a Pagar	BsF. 144.541,89

Los artículos que se indican a continuación están contenidos en la Resolución sobre tarifas publicadas en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 3.745 extraordinaria del 03 de Abril de 2002.

Factor de Ajuste de Precio (FAP) según Artículo 18: Las tarifas mencionadas en los artículos 9 al 17 de esta Resolución, con excepción de las correspondientes al Servicio Residencial Social, serán ajustadas con la finalidad de mantener en términos reales los niveles tarifarios. Los mecanismos de ajuste están dirigidos a reflejar las variaciones ocurridas durante el lapso de vigencia de esta resolución, en las variables macroeconómicas consideradas para el cálculo de los niveles tarifarios **(26)**.

Cargo por Ajuste en el Precio del Combustible o de la Energía Comprada (CACE) según artículo 19: Las empresas mencionadas en esta resolución añadirán a la factura del Servicio Eléctrico, con excepción de las de usuarios sujetos a la aplicación de la tarifa 01: Servicio residencial social, un cargo para trasladar las variaciones de precios de los combustibles y de la energía comprada. El monto resultante de multiplicar este cargo por el consumo de energía del mes en kWh, se presentará en la factura como cargo por ajuste de combustible y energía.

3.4.-DERTERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE AHORRO EN LA SECCIÓN 100

Las mayores potencialidades de ahorro como evidenció la gráfica de pareto de los portadores energéticos de PRALCA se encuentran en la energía eléctrica que representa más del 70 % del total del consumo de portadores energéticos. Las áreas que ocasionan los mayores consumos son: El compresor de reciclo MK-110, maquinado total, y consumidores no asociados a la producción.

El equipo mayor consumidor es el compresor MK-110 perteneciente a la sección 100, las principales medidas propuestas para potenciar el ahorro energético, se centran en este equipo y en las áreas claves. Existen posibilidades de ahorro también en el combustible diesel, portador que ocupa el segundo lugar en importancia de la empresa con un 14 % del total.

La tabla 3.6 muestra las características de los motores instalados en esta sección, donde se reflejan como mayor consumidor, un motor eléctrico MK-110 con un voltaje nominal en 13.200 V, y 06 bombas de recirculación con voltaje nominal de 2.300 V cada uno.

Tabla 3.6. Motores Eléctricos instalados en el área o sección 100 del proceso de producción.

MOTORES ELÉCTRICOS SECCION 100						
TAG	DESCRIPCIÓN	VOLTAJE	AMPERAJE	POTENCIA	RPM	FACTOR DE POTENCIA
MA-130	MOTOR AGITADOR DEL BAÑO DE TEMPERATURA	480Y	1,8	0,75 KW	1699	COSØ 0,72
MP-1A	MOTOR BOMBA DE ACEITE F. COMPRESOR DE RECICLO	480	13,5	7,9 KW	1750	COSØ 0,84
MP-1B	MOTOR BOMBA DE ACEITE F. COMPRESOR DE RECICLO	480	15,8	9 KW	1740	COSØ 0,84
MP-110	MOTOR BOMBA DE ARRANQUE DEL REACTOR	480	28,8	17,3 KW	1780	COSØ 0,83
MP-1003A	MOTOR DE BOMBA AUXILIAR DE ACEITE DE P-1003A	480	0,76	1,75 KW	1130	COSØ 0,76
MP-1003B	MOTOR DE BOMBA AUXILIAR DE ACEITE DE P-1003B	480	0,6	1,75 KW	1130	COSØ 0,77
12-MP-1203A	MOTOR BOMBA DE REGENERACIÓN Y RETROLAVADO	480	20,5	11 KW	3520	COSØ 0,80
12-MP-1203B	MOTOR BOMBA DE REGENERACIÓN Y RETROLAVADO	208/230/460	49,2 / 24,6	15 KW	3540	COSØ 0,86
12-MP-1203C	BOMBA DE ALIMENTACIÓN	480	27	15 KW	3520	COSØ 0,82
12-MP-1203D	BOMBA DE ALIMENTACIÓN COLUMNA ANIONICA	480	27	15 KW	3520	COSØ 0,82
MP-1204A	MOTOR BOMBA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE PROCESO	230/460	144/72	60 HP	1780	NO INDICA
MP-1204B	MOTOR BOMBA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE PROCESO	230/460	144/72	60 HP	1780	NO INDICA
MP-1204C	MOTOR BOMBA DE AGUA DE POZO	230/460	144/72	60 HP	1780	NO INDICA
MP-1205A	MOTOR BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA TORRE A	2300	74	230 KW	1184	COSØ 0,82
MP-1205B	MOTOR BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA TORRE A	2300	74	230 KW	1184	COSØ 0,82
MP-1205C	MOTOR BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA TORRE B	2300	174	545 KW	888	COSØ 0,82
MP-1205D	MOTOR DE BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA TORRE B	2300	174	545 KW	888	COSØ 0,82
MP-1206A	MOTOR BOMBA DE TRANSFERENCIA DE AGUA DEMI	480	33	41,5 KW	3550	COSØ 0,89
MP-1206B	MOTOR BOMBA DE TRANSFERENCIA DE AGUA DEMI	480	33	41,5 KW	3550	COSØ 0,89
MP-1207A	MOTOR DE AGUA CRUDA PEQUIVEN	480	144	125HP	3560	NO INDICA
MP-1207B	MOTOR DE AGUA CRUDA PEQUIVEN	208-230-460 /	320/180	150 HP	3575	NO INDICA
MP-1212A	BOMBA DE AGUA POTABLE	230/460	12,8 / 6,4	5 HP	3495	NO INDICA
MP-1212B	BOMBA DE AGUA POTABLE	230/460	12,8 / 6,4	5 HP	3495	NO INDICA
MP-1212C	BOMBA DE AGUA POTABLE	230 / 460	19 / 9,5	7,5 HP	3455	NO INDICA
MP-1302	MOTOR DE BOMBAS CARGA DE DIESEL P-1302	230/460	12,8 / 6	5 HP	3490	NO INDICA
MP-1504	MOTOR BOMBA DOSIFICADORA DE SODA CAUSTICA	480	1,8	0,75 KW	1730	COSØ 0,69
MP-1505	MOTOR BOMBA DOSIFICADORA DE ACIDO SULFURICO	480	1,8	0,75 KW	1730	COSØ 0,69
MP-1601A	MOTOR BOMBA DEL TANQUE DE MADURACIÓN	208/230/460	5,8 / 50,3 / 25,	20 KW	1760	COSØ 0,83
MP-1601B	MOTOR BOMBA DEL TANQUE DE MADURACIÓN	480	21,1	12,6 KW	1760	COSØ 0,84
MP-1602A	MOTOR BOMBA DE EFLUENTE INORGÁNICO	480	41	25,3 KW	1750	NO INDICA
MP-1602B	MOTOR BOMBA DE EFLUENTE INORGÁNICO	480	41	25,3 KW	1750	NO INDICA
MP-1603	MOTOR DE LA BOMBA P-1603A	480	6,1	3,45 KW	3500	COSØ 0,86
MP-1604	MOTOR DE LA BOMBA P-1604	480	6,1	3,45 KW	3500	COSØ 0,86
MP-1606A	MOTOR BOMBA PARA ALMACENAJE DE EFLUENTE	208/230/460	0,5 / 47,8 / 23	20 / 15 HP	3540/2900	COSØ 0,87 / COSØ 0,86
MP-1606B	MOTOR BOMBA PARA ALMACENAJE DE EFLUENTE	208/230/460	0,5 / 47,8 / 23	20 / 15 HP	3540/2900	COSØ 0,87 / COSØ 0,86
MP-1607A	MOTOR BOMBA PARA ALMACENAJE DE EFLUENTE	208-230/460	17,4/8,7	7 1/2 HP	3450	NO INDICA
MP-1607B	MOTOR BOMBA PARA ALMACENAJE DE EFLUENTE	208-230/460	18,5-	7 1/2 HP	3450	NO INDICA
MP-1608 A	MOTOR PARA LA BOMBA TRANSFERENCIA DE EFLUENTE DISRITA	208/230/460	64/68/29	25 HP	3540	COSØ 0,89
MP-1608 B	MOTOR PARA LA BOMBA TRANSFERENCIA DE EFLUENTE DISRITA	208/230/460	64/68/29	25 HP	350	COSØ 0,89
MK-110	MOTOR ELÉCTRIC DEL K-110	13200	125	2450 KW	1788	COS Ø 0,90
MK-1003A	MOTOR BOMBA DE ETHIL / METH	2300	73	180 KW	501	COSØ 0,67
MK-1003B	MOTOR BOMBA DE ETHIL / METH	2300	73	180 KW	501	COSØ 0,67
MK-1101A	MOTOR DEL COMPRESOR DEL K- 1101A	480	160	104 KW	1780	COSØ 0,86
MK-1101B	MOTOR DEL COMPRESOR DEL K- 1101B	480	160	104 KW	1780	COSØ 0,86
MK-1203A	MOTOR DEL VENTILADOR DE LA TORRE AIREADORA	285/ 460	3,65 / 2,1	0,9 KW	1660	COSØ 0,74
MK-1203B	MOTOR DEL VENTILADOR DE LA TORRE AIREADORA	285/ 460	3,65 / 2,1	0,9 KW	1660	COSØ 0,74
MK-1301	MOTOR DEL VENTILADOR DE LA CALDERA	480	150 / 65	100 / 40 KW	1790 / 110	COSØ 0,69/ COSØ 0,84
H-1201AM1	MOTOR VENTILADOR M1 DE LA H-1201A	480	60,6	37 KW	1770	COSØ 0,81
H-1201AM2	MOTOR VENTILADOR M2 DE LA H-1201A	480	30	50	1770	COSØ 0,81
H-1201AM3	MOTOR VENTILADOR M3 DE LA H-1201A	480	60,6	37 KW	1770	COS Ø 0,81
H-1201B-M1	MOTOR VENTILADOR M1 DE LA H-1201B	480	60,6	50 HP	1770	NO INDICA
H-1201B-M2	MOTOR VENTILADOR M2 DE LA H-1201B	230/460	119/ 59,9	50 HP	1770	NO INDICA
H-1201B-M3	MOTOR VENTILADOR M3 DE LA H-1201B	480	119 / 59,5	50 HP	1770	NO INDICA
H-1201B-M4	MOTOR VENTILADOR M4 DE LA H-1201B	480	119 / 59,5	50-P	1770	NO INDICA
H-1201B-M5	MOTOR VENTILADOR M5 DE LA H-1201B	480	30	50 HP	1765	NO INDICA
MS-1602A	MOTOR SOPLADOR DE AIRE	480	13	10 HP	3500	NO INDICA
MS-1602B	MOTORSOPLADOR DE AIRE	480	13	10 HP	3500	NO INDICA

3.4.1.- GRÁFICO DE CARGA, MOTORES INSTALADOS EN LA SECCIÓN 100

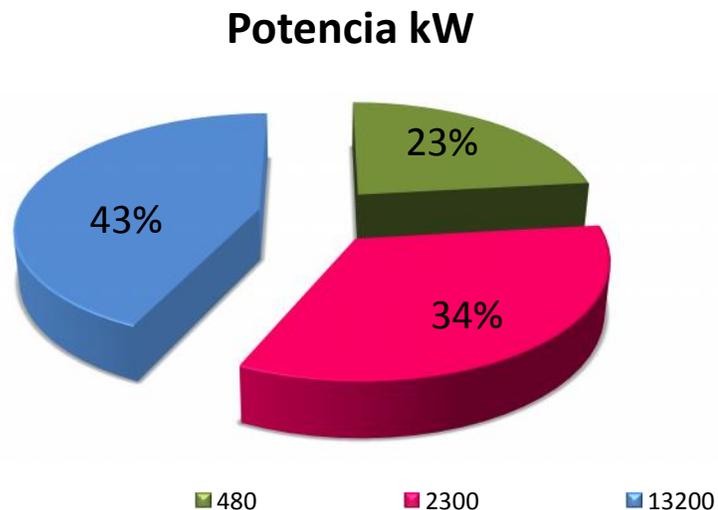


Figura 3.20. Gráfico de carga de motores instalados en la sección 100 del proceso de producción.

Las cargas principales (motores eléctricos) instalados en la sección 100 del proceso de producción de óxido de etileno y sus derivados, tienen una potencia instalada de 5676.58 kW con diferentes niveles de tensión, 230V, 480V, 2300V y 13200V.

El motor MK-110 tiene una potencia nominal de 2450 kW, lo que lo convierte en principal consumidor de energía eléctrica, aproximadamente el 40% del consumo total de la planta.

3.4.2.- ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE AHORRO POR CONTROL DE LA DEMANDA MÁXIMA DEL MOTOR MK-110

Basado en que el mayor consumidor de energía eléctrica, es el motor compresor de reciclaje MK-110. El análisis se centró en el mismo para determinar el potencial de ahorro energético mediante la propuesta de instalar un banco de compensación de forma tal que mejore el factor de potencia y reduzca de forma significativa la demanda a contratar.

Mejorando el factor de potencia de 0,87 que es el actual, a 0,94 se puede disminuir 224 kVA de demanda, como se demuestra a continuación:

Con los datos obtenidos en la tabla 3.7 (valores nominales de el motor MK-110), se procede a realizar los cálculos para determinar el potencial de ahorro.

Tabla 3.7. Datos nominales del motor MK-110

Voltaje	Corriente	Potencia	Rendimiento	Factor de Potencia
132000Volt	125A	2500kW	95%	0.87

$$P_{entrada} = \frac{P_{salida}}{Rendimiento}$$

Donde:

$$P_{salida} = \sqrt{3} * V_L * I_L * f_p = \sqrt{3} * 13200V * 125 * 0.87 = 2486.3kW$$

Por tanto la Potencia de entrada es:

$$P_{entrada} = \frac{2486.3kW}{0.95} = 2616kW$$

Con la potencia de entrada y el factor de potencia se determina la potencia a demandar en el motor mMK-110.

$$S = \frac{P_{entrada}}{fp} = \frac{2616kW}{0.87} = 3007.8 kVA$$

El motor MK-110 requiere una demanda de 3007.8 kVA,

$$\theta_1 = 0,87 \quad \theta_2 = 0,94 \rightarrow \text{Factor a multiplicar es } 0,204$$

Entonces los kVAR_c que se requieren para hacer la compensación son:

$$kVAR_c = 2616kW * 0,204 = 533.8$$

Por tanto la nueva potencia aparente (S) es igual a:

$$fp = \frac{P}{S} \rightarrow S = \frac{2616 \text{ kW}}{0,94} = 2783 \text{ kVA}$$

Entonces:

$$S=3007.8 \text{ kVA} - 2783 \text{ kVA} = 224 \text{ kVA.}$$

La instalación de un banco de compensación en el motor MK-110, permitirá disminuir en 224 kVA la demanda contratada, además se estarán disminuyendo las corrientes en sus devanados y las pérdidas en el conductor.

Se realizaron mediciones de campo en condiciones reales de operación del motor, en la tabla 3.8 se detallan los valores correspondientes a dichas mediciones.

Tabla 3.8. Valores Medidos en el Compresor de Reciclo el MK-110

Voltajes de Líneas	Corrientes de Líneas	Potencia Activa (P)	Potencia Reactiva	Potencia Aparente	Factor de Potencia FP
L1=13710Volt	70,0A	1564,7kW	894,6kVAR	1802,39kVA	0,87
L2=13890Volt	79,0A				
L3=13810Volt	77,0A				

Tabla 3.9. Valores calculados al compresor de reciclo el MK-110

Voltaje Promedio	Desbalance de Voltaje	% de Variación De Voltaje	Factor de Carga	Eficiencia Ajustada	Eficiencia máxima
13803,3Volt	0,63%	4,56%	64%	90%	95%

3.4.3. CÁLCULOS DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS REALIZADOS AL MK-110

$$\begin{aligned} \text{Voltaje promedio} &= \frac{13710\text{volt} + 13890\text{volt} + 13810\text{volt}}{3} = \frac{41410\text{volt}}{3} \\ &= 13803,3\text{volt} \end{aligned}$$

Desbalance de Voltaje

$$= \frac{[13710V - 13803V]; [13890V - 13803V]; [13810V - 13803V]}{V_{prom}}$$

$$\text{Desbalance de Voltaje} = \frac{[13890V - 13803V]}{13803V} = 0,0063 * 100\% = 0,63\%$$

$$\begin{aligned} \text{Variación de Voltaje} &= \frac{\text{Voltaje promedio} - \text{Voltaje nominal}}{\text{Voltaje nominal}} = \frac{13803V - 13200V}{13200V} \\ &= 0,0456 \end{aligned}$$

$$\text{Factor de Carga} = \frac{\text{Potencia medida}}{\text{Potencia nominal}} = \frac{1564,7kW}{2450kW} = 0,64$$

3.5.- VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA.

Partiendo de que se ahorran 224 KVA y con un factor de potencia sugerido de 0,88 en las nuevas condiciones que operará el motor después de instalado el banco de compensación se tiene que:

La potencia expresada en kW.

$$POT = 224 \text{KVA} \times 0,88 = 197 \text{ kW}$$

La Energía Ahorrada (E_a) por el concepto de demanda contratada será de:

$$E_a = 197 \text{ kW} \times 24 \text{hr} \times 30 \times 12 \text{ meses} = 1703116 \text{ kWh/año.}$$

Considerando la tarifa eléctrica que se aplica a este sector de 1,14 BsF/kWh

$$E_a = 238436 \text{ BsF/año.}$$

El monto total correspondiente al periodo de un año desde que se aplicó la medida descrita en párrafos anteriores, se ahorra un total de 238436 **BsF/año**.

3.5.1.-BENEFICIO SOCIAL.

Por el hecho de mejorar el factor de potencia la planta deja consumir 224 KVA por el concepto de disminuir la demanda contrata. Esto equivale a **146568 kW/mes** dejados de consumir. Tomando en consideración que el promedio de una vivienda en Venezuela es de **700 kW/mes**, con el ahorro reportado se pudieran abastecer de energía eléctrica **210 viviendas**.

3.5.2.- IMPACTO AMBIENTAL DE LA PROPUESTA.

El efecto de contaminación indirecta derivado de la quema de combustibles fósiles queda expresado de la manera siguiente.

$$RI = E_a \cdot e_{CO_2}, \frac{kgCO_2}{año} \quad (3.2)$$

Donde:

RI = Reducción del impacto ambiental asociado; $\frac{kgCO_2}{año}$

E_a = Energía ahorrada; $\frac{kWh}{año}$

e_{CO_2} = índice de emisiones; $\frac{kgCO_2}{kWh}$

$e_{CO_2} = 0,921 \frac{kgCO_2}{kWh}$, según tipo de combustible quemado en las termoeléctricas de Venezuela.

$$RI = 1703116 \frac{kWh}{año} \times 0,921 \frac{kgCO_2}{kWh} = 1568569 \text{ kgCO}_2/\text{año}$$

Considerando que solo un 30% de esa energía se produce a base de la quema de petróleo, entonces el impacto ambiental sería de 470570 $kgCO_2/año$.

3.6.- BANCO DE PROBLEMAS. MATRIZ DAFO.

Se realizó una matriz DAFO de la empresa con vistas de identificar las fortalezas y las debilidades de la gestión de la energía en PRALCA. A La tabla 3.7 muestra la matriz DAFO de la planta.

	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<p>ANÁLISIS FODA:</p> <p>Factores clave para el éxito de la TGTEE</p>	<p>O1. Para el próximo reemplazo del Catalizador del Reactor, contemplar la instalación de uno más eficiente.</p> <p>O2. Al momento de cambiar equipos comprar tecnologías más eficientes.</p> <p>O3. Considerar como proyecto de largo plazo, la utilización del combustible gasoil por gas natural (Caldera a Vapor).</p> <p>O4. Mejorar el factor de potencia instalando bancos de condensadores en motores eléctricos.</p> <p>O5. Crear formalmente el Departamento de Eficiencia Energética.</p>	<p>A1. Resistencia al cambio de paradigmas,</p> <p>A2. Falta de conocimiento en materia de Eficiencia Energética</p>
<p>FORTALEZAS</p>		
<p>F1. Acuerdos en desarrollar el proyecto.</p> <p>F2. Gran interés de los directivos.</p> <p>F3. Gran interés.</p> <p>F4. Detalle de todos los componentes eléctricos y electrónicos.</p>	<p>F1+F3+O1= Elaborar materiales de apoyo didáctico para el programa de capacitación</p> <p>F3+O2+O3= Elaborar proyectos de adquisición de tecnologías mediante un análisis económico que permita evaluar la rentabilidad de los mismos.</p> <p>F1+F2+O4= Instalar condensadores de potencia en los equipos críticos.</p>	<p>F1+F2+A1= Crear agenda de visitas y facilitar charlas</p> <p>F3+A2= Crear compromiso de formación en eficiencia Energética.</p>
<p>DEBILIDADES</p>		
<p>D1. Presupuesto.</p> <p>D2. Los trabajadores no han recibido ningún tipo de formación en Eficiencia Energética.</p>	<p>D1+O1+O2= Incluir en el presupuesto una partida que contemple desarrollos en materia Energética.</p> <p>D2+O5= Capacitar a los trabajadores en Eficiencia Energética, el cual apoyara la creación del Departamento de Eficiencia Energética.</p>	<p>D2+A2= Crear programas de capacitación en Eficiencia Energética.</p>

3.7.-PLAN DE MEDIDAS A IMPLEMENTAR EN PRALCA

El plan de medidas constituye un aspecto clave que permite ir aprovechando el potencial de racionalidad que presenta la empresa. El control del consumo de los portadores energéticos debe ir acompañado de una serie de medidas diseñadas para alcanzar niveles de consumo acorde con las posibilidades reales. Esto debe entenderse como racionalidad en la utilización de la energía necesaria para garantizar la calidad de la producción terminada y la satisfacción de las exigencias del cliente.

En PRALCA, el comité energético de la empresa tiene que velar porque se cumplan las acciones encaminadas al control de la eficiencia energética en la planta.

El plan de medidas en una primera etapa está orientado a tres categorías:

1. Medidas de planificación, control y evaluación.
2. Medidas para disminuir el uso indebido de equipos e instalaciones.
3. Medidas de pequeñas y medianas inversiones, dirigidas a aumentar la calidad de las mediciones y mejorar la eficiencia de los equipos e instalaciones.

MEDIDAS DE PLANIFICACIÓN, CONTROL Y EVALUACIÓN.

1. Planificar el consumo de portadores energéticos en función de:
 - Producción física equivalente a procesar en el mes.
 - Máquinas herramientas disponibles.
 - Composición del plan entre producción interna y servicios a terceros (los últimos para la planificación de combustibles).
2. Informar a las áreas de la situación energética diariamente y la necesidad de usar racionalmente la energía. Que propongan sus medidas en cada local entre las que se debe incluir el establecimiento de un horario estricto del uso de la climatización,

iluminación, y todo aquello que consuma energía. Realizar talleres y seminarios sobre eficiencia energética.

3. Medir el consumo diario, estimación de gastos y evaluar el cumplimiento del plan propuesto. Evaluar del cumplimiento de las medidas en ejecución.
4. Evaluar el cumplimiento del plan de gastos en portadores energéticos.
Evaluación y adecuación del plan de medidas y de gastos, en función del índice de consumo propuesto.
5. Control del cumplimiento del plan de medidas. Comunicar en matutinos, y reflejar en murales los resultados alcanzados.
6. Creación de la comisión de uso racional de la energía de la empresa, Integrada por los operadores de los puestos claves, jefes de las principales áreas consumidoras, la dirección y mantenimiento.
7. Garantizar la entrega de copias de facturas eléctricas y conciliar con los controles diarios de consumo llevados por el energético.
8. Mantener actualizada a la dirección en caso de cambios de tarifas de los portadores energéticos, la máxima demanda y el factor de potencia.
9. Actualización diaria de los registros primarios en los puestos claves, análisis de índices de consumo físicos y de las causas de sus desviaciones con los operarios y jefes de los puestos claves.

CONCLUSIONES PARCIALES

- ✓ En el proceso de producción del óxido de etileno los portadores más resaltantes son la electricidad, el agua y el diesel, y se determinó según un gráfico de Pareto que el mayor consumo lo representa la energía eléctrica.
- ✓ La estratificación del consumo de la energía por área de proceso, según datos de equipos suministrado por la empresa PRALCA, las secciones 100 reacción y absorción de EO; 300 despojamiento y reabsorción de EO 200 remoción de EO, es donde se encuentra el mayor consumo.
- ✓ La empresa PRALCA realizó un estudio y estratificó por áreas de proceso todos sus equipos eléctricos a fin de poder tomar decisiones a la hora de ahorrar energía.

Actualmente en PRALCA existen varias personas que deciden en la eficiencia energética y que han estudiado la manera de equilibrar el consumo de sus energéticos de modo de que su materia prima sea la necesaria para la producción.

CONCLUSIONES GENERALES

1. La empresa PRALCA ubicada en el estado de Zulia, Venezuela, se categoriza como una empresa energo - intensiva del sector petroquímico venezolano ya que para el manejo y producción de los productos químicos consume elevadas cantidades de energía eléctrica en los sistemas de compresión de gas de proceso y aire, y sistema de bombeo de fluidos, además del consumo de combustible para la generación de vapor a proceso y el transporte para la distribución.
2. En el desarrollo del trabajo se percibe que la empresa PRALCA a pesar de medir algunos indicadores energéticos como son los consumos totales de energía eléctrica y combustibles, y otros portadores energéticos no cuenta con un sistema de gestión de la energía que tenga en cuenta además de los aspectos de operación otros requisitos que exigen los sistemas de gestión como son compromiso de la dirección sobre el consumo de energía y requisitos sobre la comunicación y formación de sistemas energéticos a los trabajadores, una política energética que le permita detectar las mejoras continuas del desempeño energético. No cuenta con una revisión periódica por parte de la dirección sobre la gestión energética, y no se realizan auditorias internas para determinar el comportamiento energético y compararlo con otras empresas a fines.
3. Al caracterizar los consumos energéticos de PRALCA se pudo detectar que el compresor MK-110 que maneja gases de compresión es un equipo alto consumidor de energía (40%) de electricidad por lo que se debe controlar con mayor rigor los parámetros técnicos. En el trabajo se determinó que aumentando el factor de potencia en un 7%, de 87 a 94, existe un ahorro de consumo eléctrico de 1703116 kWh/año, equivalente a un impacto ambiental indirecto de 470570 $kgCO_2$ /año Ton. El beneficio social que se deriva de la propuesta radica en disponer de la energía necesaria para abastecer un total de 210 viviendas con la energía ahorrada.

4. RECOMENDACIONES

1. Se debe por parte de la empresa aplicar los resultados técnicos ambientales y darle continuidad para mejorar el desempeño energético de esta, realizando el estudio en todas las áreas de la planta donde existen oportunidades de ahorro de energía.
2. Se debe realizar la implementación de los sistemas de gestión de calidad, medioambiente, seguridad del trabajo y energía, ya que empresas exportadoras de productos químicos y de manejo de sustancias nocivas requieren de la certificación de estos sistemas por parte de fondonorma.

BIBLIOGRAFÍA.

1. **Nordelo, Aníbal Borroto.** *Gestión y Economía Energética*. Cienfuegos : s.n., 2000. ISBN 959-257-114-7.
2. **Kozul, Roberto.** *La energía en siglo XXI*. s.l. EDUCO, 2011. pág. 84.
3. **Outlook, World Energy.** 2004.
4. **<http://www.preciopetroleo.net/precio-petroleo>.** [En línea] 2011. [Citado el: 28 de Abril de 2012.]
5. **<http://www.preciopetroleo.net/petroleo>.** [En línea] 15 de Marzo de 2012. [Citado el: 30 de Abril de 2012.]
6. **<http://www.menpet.gob.ve/secciones>**. <http://www.menpet.gob.ve/secciones>. [En línea] 13 de Febrero de 2012. [Citado el: 24 de Marzo de 2012.] <http://www.menpet.gob.ve/secciones>.
7. **(EIA), Energy Information Administration.** Washinton, DC : s.n., 2004.
8. **<http://www.eia.doe.gov/iea/>.** *System for the Analysis of Global Energy Markets* . [En línea] Febrero de 2005.
9. **<http://www.escala.Com.br/invesgadores>** . Consumo Disponible de energía **Engineering, January 1998**, pág. 107-108: [En línea] [Citado el: 11 de Mayo de 2011.]
10. **<http://www.energiasrenovables.ciemat.es/especiales/energia/index.htm>.** [En línea] 2009. [Citado el: 27 de Abril de 2012].
11. **Turrini, Enrrico.** *E I Camino del Sol*.. editorial Cubasolar, 2006. pág. 366.
12. **<http://www.energias-renovables.com>.** [En línea] 11 de Octubre de 2006. [Citado el: 17 de Diciembre de 2009].

13. <http://www.mundoenergia.com/content/blogcategory> 24k. Gestión Energética y Energías Renovables; [En línea] 4 de Octubre de 2006. [Citado el: 18 de Septiembre de 2007.].
14. <http://www.energias-renovables.com/eolica-2006>. [En línea] 15 de Noviembre de 2011. [Citado el: 16 de Abril de 2012].
15. **Ruiz, Luis Balairon.** *Escenarios Climáticos. Energía y cambio climático.* Habana : Ministerio de Medio Ambiente, 1998.
16. **Estrategia para el sector energía;** Departamento de Desarrollo Sostenible . Washington, División de Medio Ambiente, 2000.
17. [http// www.redtercermundo.org.uy/tm_economico/texto_completo](http://www.redtercermundo.org.uy/tm_economico/texto_completo). [En línea] Tercer Mundo Económico-Integración energética, 11 de Noviembre de 2006. [Citado el: 9 de Enero de 2007].
18. **Francés, J. González** *Desarrollo del sector energético en Cuba.* Revista Energética (OLADE), 2001, Vol. 3, págs. 7-18.
19. **CEPAL.** Estudio Económico de América Latina y el Caribe”. Petróleo y gas en América Latina un análisis político de relaciones internacionales a partir de la política venezolana (DT).htm. [En línea] 7 de Marzo de 2005. [Citado el: 23 de Enero de 2008.]
20. **OLADE.** *Informe energético de América Latina y el Caribe 1999 y prospectiva 2000-2020 .* OLADE, 1999.
21. http://es.wikipedia.org/wiki/Crisis_energética_deVenezuela_de_2009-2011]. [En línea] Wikipedia, 7 de Abril de 2011. [Citado el: 28 de Abril de 2012.]
22. **technology, PTQ Petroleum.** *Improving energy efficiency.* 2009.
23. **Educación, Ministerio del Poder Popular para la.** *Política “Líneas Generales del Plan de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2007-20013.* Caracas : s.n., Septiembre 2007. Portal Educativo Nacional.

24. **Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo, Pdvsa,.** *Petróleos de Venezuela* . Caracas, Febrero, 2009.
25. **Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo, Pequiven.** *“Complejos petroquímicos”,)* . Caracas : s.n., Febrero, 2009.
26. **Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela.** Tarifas de electricidad para el sector industriall. No.3745, Abril, 2002.