



**MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
Facultad de Metalurgia- Electromecánica
Departamento de Ingeniería Eléctrica**



Estudio del Sistema de Suministro Eléctrico de la Unidad Presupuestada de Inversiones “Las Camariocas”

Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Eléctrico

Diplomante: Evert Anthony Grayson

Tutores: MSc. Reineris Montero Laurencio
Ing. Marcos A. Rodríguez Ramírez
Dr. Daniel Guzmán del Río

“Año de la Revolución Energética en Cuba”

2006

Declaración de Autoridad

Diplomante: Evert Anthony Grayson

Tutor: Msc. Reineris Montero Laurencio

Autores de este trabajo de diploma certificamos su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. Antonio Núñez Jemenez el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

Firma del Diplomante.

Firma del Tutor

Pensamiento

El cumplimiento de un riguroso régimen de economía en el consumo de la energía eléctrica es una de las condiciones indispensable para solucionar exitosamente los numerosos problemas económicos y sociopolíticos del país.

Estudio del Sistema de Suministro Eléctrico de la Unidad
Presupuestada de Inversiones "Las Camariocas"

Evert Anthony Grayson

Fidel Castro Ruz

Dedicatoria

Como toda obra realizada por el hombre por más pequeña que sea, está inspirada en alguien, a quien dedica todos sus esfuerzos y sus logros, es por esto que este trabajo de tesis lo dedico con mucho cariño primeramente a la memoria de mi mama Everith Grayson. A mis padres Albert Grayson, Catherine y Denford Hawthorne a quienes siempre los llevo presentes en mi corazón y que son la fuerza que me anima a seguir adelante. A mis queridos hermanos Everton, Garrette,

Deandra por el amor sincero que me tienen lo cual me da el deseo de superar cualquier dificultad no importa cuando o donde yo esté, sé que sin su apoyo esto no hubiera sido posible. En fin a toda mi Familia.

Agradecimientos

Primeramente tengo que expresar una profunda gratitud al Señor para el gran esfuerzo y amor que me ha dado no solo a realizar este proyecto sino a todos los éxitos a mi vida actual. A mi familia quién siempre ha sido mi inspiración a superar cualquier dificultad que me enfrentado, no solo en mi vida personal sino también en la vida profesional.

Agradecimiento especial a mis padres, Albert y Everith Grayson, Catherine y Denford Hawthorne por todos los sacrificios y dedicación incondicional que me siempre han brindado. A mis hermanos, Everton, Garrette, Deandra, Carla, Teisha, Andeen, Marsha, Errol, Jason, Martin y Junior quienes siempre han sido mi apoyo en una forma u otra con fuerza sabiendo que no hubo posibilidad de fallarlos.

A mis tutores MSc. Reineris Montero Laurencio Ing. Marcos A. Rodríguez Ramírez por su ayuda en la realización de este trabajo el cual no pudiera ser posible sin su intervención.

A mis amigos sinceros los cuales tuve la oportunidad de conocer y han contribuido en una forma u otra al tiempo difícil aun inolvidable en Cuba (Alanzo, Jais-Ann, Rondell, Clarendon, Marie, Anika, Consuela....), a mis amigos del año que siempre me han brindado ayuda en tiempo necesario.

Para dos estimadas familias cubanas que han hecho una casa lejos de mi casa un lugar agradable de estar. El Dr. Jorge Felix, Dalia de Pilar Perez y familia y Dra. Teresa Galano y familia.

A la Revolución un agradecimiento especial, por haberme dado la posibilidad de estudiar y formarme como un profesional.

A todas aquellas personas que de una forma u otra han colaborado para que este trabajo de diploma se realizara satisfactoriamente.

A todos

Muchas Gracias

Resumen

En el presente trabajo se realiza un estudio del sistema de distribución de energía eléctrica de La Unidad Presupuestada de Inversiones "Las Camariocas" (UPI). Se muestra los resultados del empleo de los distintos portadores energéticos de la empresa. Mediante las mediciones eléctricas se logra definir el comportamiento de las distintas magnitudes y sus implicaciones.

A través de un análisis de la factura eléctrica aparece una visión económica de los gastos y de cómo disminuir los mismos mediante las distintas medidas organizativas y de inversiones. Se propone cambios referentes al uso más racional de la energía eléctrica y fundamentalmente los relacionados con la compensación correcta de la potencia reactiva además de las sugerencias para disminuir la cantidad de transformadores de distribución.

Summary

In the present Project, the study of the electrical energy within the distribution system of the Unidad Presupuestada de Inversiones "Las Camariocas" (UPI) was carried out. The results of the energy bearers of the company were also shown. Through electrical measurements, one achieved defining the behavior of distinct magnitudes and their implications.

Through the analysis of the electrical invoice, appears an economic vision of the expenses and how to reduce these expenses through distinct organizational measures and inversions. Changes referring to the more rational use of electrical energy are proposed and, fundamentally relating the correct compensation of, reactive power. Also suggested, was the reduction of the number of distribution transformers used.

Tabla de Contenido

Introducción General	1
Capitulo I. Marco Teórico	
1 Introducción	3
1.1 Descripción de la Empresa	3
1.2 Descripción del Sistema de Suministro Eléctrico	5
1.3 Herramientas para la gestión energética	7
1.4 Compensación de la potencia reactiva	14
1.5 Compensación de energía reactiva al sistema	19
1.6 Pérdidas por Transformación	21
1.7 Desequilibrios y pérdidas asociadas en instalaciones eléctricas	25
1.7.1 La potencia de un receptor trifásico	26
1.7.2 Un ejemplo extremo de pérdidas en las líneas por desequilibrio de las cargas.	28
1.8 Instrumentación moderna para la gestión en la redes de distribución Analizador Programable de redes.	30
Capitulo II. Análisis de los Resultados	
2 Introducción	32
2.1 Análisis del consumo Histórico de energía eléctrica en las instalaciones principales de la empresa.	32
2.1.1 Comportamiento de la facturación eléctrica 2004-2005	37
2.2 Mediciones Eléctricas en nodo principal del Sistema de Distribución	39
2.2.1 Mediciones Eléctricas realizadas en el Interruptor 1	45
2.2.2 Mediciones Eléctricas realizadas en el Interruptor 2	50
2.2.3 Resumen de los consumos de energía de las mediciones realizadas	55
2.3 Distribución de los transformadores y las pérdidas asociadas	56
2.4 Cálculo de los dos interruptores principales	58
Capitulo III Valoración Técnico Económico (Plan de Medidas)	
3 Introducción	60
3.1 Medidas para resolver los problemas	60
Conclusiones Generales	62
Recomendaciones	63
Bibliografía	64
Anexos	

Introducción General

Teniendo en cuenta que la Unidad Presupuestada Inversionista (UPI), "Las Camariocas" ha realizado cambios recientes en el sistema de suministro eléctrico, principalmente en la forma que recibe la energía del SEN y en las cargas instaladas al transformador principal. Se hace necesario un reconocimiento de las actuales condiciones. La no existencia de informaciones cuantitativas de las principales variables en el tiempo que caractericen la distribución, enfatiza la necesidad de realizar un estudio del sistema.

En la empresa no se tienen identificados los horarios en correspondencia con la demanda por lo que no se puede demostrar la necesidad de cambios en los contratos con la OBE adaptándose a las situaciones reales. Es importante el análisis de la demanda máxima partiendo de que el 40% de la facturación lo constituye el pago por este indicador. A esto se suma que se experimentan entre el 3% al 15% de los costos relacionados con la compensación de la potencia reactiva.

Es importante entonces, realizar este estudio, permitiendo además del reconocimiento, la toma de decisiones para preparar el sistema a los cambios efectuados de conjunto con las nuevas inversiones. Se derivan del resultado los pasos que permitirán una mejor explotación y la disminución de los gastos económicos relacionado al uso de la energía eléctrica. Se emplean además determinadas herramientas de la Tecnología de la Gestión Total de la Energía que permite determinar algunos índices energéticos importantes, para su uso en la gestión empresarial.

Problema:

No se conoce el comportamiento de las magnitudes que caracterizan el sistema de distribución de energía eléctrica de la UPI Las Camariocas.

Hipótesis:

Con el estudio del sistema de suministro eléctrico de la UPI Las Camariocas a partir de un análisis profundo de los resultados del comportamiento de las principales variables del sistema se logra un uso más eficiente del portador energético electricidad.

Objetivo General:

Determinar las características de explotación y las soluciones para una mejor explotación del sistema de distribución de energía eléctrica.

Objetivos Específicos:

- Estudio completo del comportamiento energético del sistema de distribución, desglosado por circuito ramales principales, incluyendo el comportamiento de las principales magnitudes eléctricas (voltaje, corrientes, potencia, energías, factor de potencia, etc.)
- Evaluación de las reservas energéticas del portador electricidad a partir de las soluciones técnicas necesarias.
- Estudio del comportamiento del consumo histórico de energía eléctrica y los elementos técnicos - económicos asociados a partir de la aplicación de las herramientas para la Gestión Energética.
- Elaborar un plan de medidas en función de mejorar la eficiencia energética.

CAPITULO I

Marco Teórico

Introducción

En este capítulo se exponen las características generales de la Unidad Presupuestada de Inversiones (UPI) “Las Camariocas” que permite un acercamiento inicial a la misma. Se exponen las características del sistema de suministro eléctrico de la empresa, así como los aspectos teóricos que permiten realizar un estudio de las características de empleo del portador energético electricidad.

1.1 Descripción de la Empresa

La Unidad Presupuestada de Inversiones “Las Camariocas” (UPI) se localiza en la costa norte oriental con domicilio legal en la carretera Moa – Baracoa Km.16 Municipio Moa, perteneciente a la Unión del Níquel del Ministerio de la Industria Básica la cual comercialmente se nombra proyecto “Cupey”.

Esta fue creada en 1977, diseñada para producir 30 000 toneladas de Níquel y 1300 toneladas de Cobalto por año, con un potencial de expansión hasta 38 000 toneladas de Ni y Cobalto en el año con una eficiencia total de 83 % para Ni y 43% para Cobalt. Por decisión del estado en marzo del 2000 se procedió a la cancelación de este proyecto.

Esta Inversión cuenta con 480 trabajadores los cuales se ha dedicado en los últimos años al mantenimiento y reconservación por ser una inversión paralizada. Para este año se propone mantener este nivel de actividad, mas el mantenimiento general y puesta en marcha de las plantas que intervienen en el proyecto que se negocia. Como una tarea del país, se desmontan los elementos tecnológicos que no intervienen en el proceso Ferroníquel (**FeNi**), para su almacenamiento o venta.

El destino final del nuevo proyecto es implementar una empresa de producción de FeNi, integrada al grupo Empresarial del Níquel, Cuba Níquel, Subordinado al Ministerio de la Industria Básica.

Actualmente la Unidad Presupuestada Inversionista Las Camariocas, tiene como objeto social los siguientes aspectos:

- Prestar servicios de reparación, mantenimiento y conservación a instalaciones, maquinarias, equipos industriales, sistemas automatizados y climatizados al sistema de MINBAS y a terceros en ambas monedas.
- Servicios de reparación y mantenimiento a equipos de transporte a la Organización Empresarial Cubaníquel en ambas monedas.

- Servicios integrales de ingeniería en montaje, ajuste y puesta en marcha equipos en materia metalúrgica, eléctrica, mecánica y civil a la Organización Empresarial Cubaniquel y a terceros en ambas monedas.
- El servicios de tomas de muestra para la caracterización del mineral a la Organización Empresarial Cubaniquel ambas monedas.
- Servicios de pintura a equipos en instalaciones de la Organización Empresarial Cubaniquel y a terceros en ambas monedas.
- Ofrecer servicios de depósito, suministro y distribución de combustible destinado al proceso productivo de la empresa mixta MOA-NIKEL S.A. en divisa.
- Brindar servicios de alquiler de almacenes temporalmente disponible en moneda nacional cobrando los gastos en pesos cubanos convertible al costo.
- Servicios de reforestación de áreas protegidas y mineras a la Organización Empresarial Cubaniquel y a terceros en ambas monedas
- Comercializar de forme mayorista en ambas monedas chatarra a la Empresas de Recuperación de materia primas de Holguín y Productos Ociosos.

Estos servicios se prestan al sistema del MINBAS, al Grupo Empresarial del Níquel y a terceros en ambas monedas.

1.2 Descripción del Sistema de Suministro Eléctrico.

El Sistema de Suministro Eléctrico de la Empresa “Las Camariocas” esta configurado a partir de un servicio radial lo cual se alimenta desde la subestación de 220 kV de Punta Gorda, la misma alimenta un circuito para facilidades temporales a un nivel de voltaje de 13,8kV por alta, lo cual esta protegido por fusibles. Después tiene conectado un transformador de fuerza con las siguientes características. (Ver Anexo 2)

- Tipo TM 630/132 – 74 T ONAN
- Potencia Aparente: 630kVA
- Conexión: Delta Estrella Aterrada (Δ - Y – 11)
- Voltaje por Alto: 13.8kV
- Voltaje por bajo: 0.48kV
- Corriente del primario: 27.6 A
- Corriente del secundario: 75.8 A

- Parte Activa: 1490 kg.
- Aceite: 770 kg.
- Peso Total: 3289 kg.
- Frecuencia: 60 Hz (3 ϕ)
- Fabricación: URSS
- UK %: 5.83

Este transformador se subordina dos circuitos, uno que garantiza el suministro eléctrico a Las Plantas (Servicio Energético, Secadero y Hornos) y a través del subestación eléctrica 7RP subordinan la Taller Mecánico Central y el Taller Automotor.

El segundo garantiza el suministro a los siguientes receptores, Taller Eléctrico, Taller de Refrigeración más Reparación de ESUNI, Edificio Socio Administrativo, Almacén 40 y la Laboratorio Químico Central (Servicio Energético, Secadero y Hornos).

Estas cargas están conectadas a través de dos interruptores de caja moldeada de procedencia rusa. Por ahora no se conoce el nivel de cortocircuito y no están seleccionados adecuadamente los interruptores por la parte baja del sistema así como en diferentes ramales principales.

No se conoce el coeficiente de carga real del transformador y los demás elementos inherentes como las pérdidas por transformación. La no existencia de gráficos de carga de la empresa así como las informaciones de las principales magnitudes eléctricas indica un desconocimiento de las magnitudes que no permite el ajuste del sistema. Existe un condensador de 44.1 kVAr conectado a nivel de tensión de 440 V alejado del punto de conexión común.

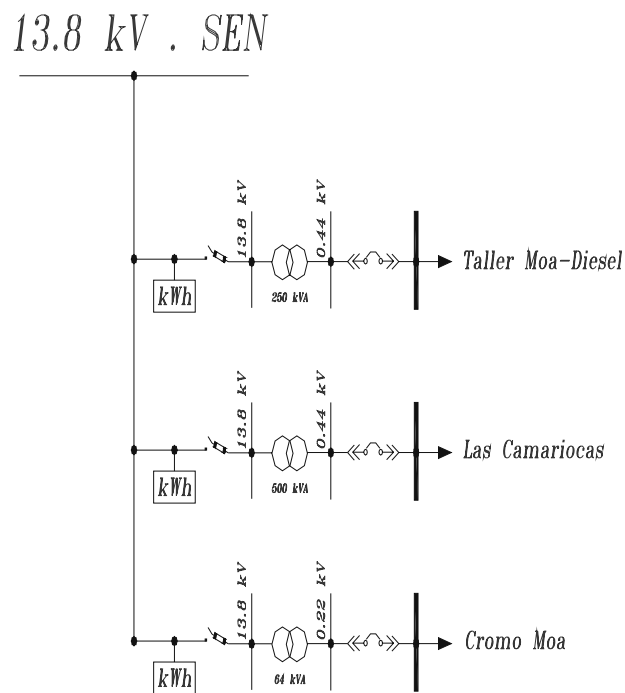


Fig.1.2.1 Esquema monolineal en donde esta instalado el sistema de suministro de la empresa.

1.3 Herramientas para la gestión energética.

Estas herramientas de trabajo nos permiten implementar las secuencias de mejora. Por su nivel de complejidad generalmente se clasifican en básicas, medias y avanzadas. Las básicas son aquellas que debe conocer todo miembro de un círculo o grupo de calidad y se basan en métodos estadísticos que permiten desarrollar un proceso deductivo que va de lo general a lo particular detectando las causas de los problemas. También permiten realizar una serie de observaciones de un mismo problema - como diferentes ángulos fotográficos - que crea una visión más completa del mismo. Las medias y de avanzada deben ser conocidas por los equipos y grupos de gestión de

mejora ya que requieren un nivel académico y grado de especialización técnica para su comprensión, aplicación e interpretación.

La selección de las herramientas de trabajo para abordar un determinado problema de mejora puede ser determinante en el éxito de su solución, por ello hay que prestar especial cuidado en esto para no invertir tiempo y recursos en obtener resultados erróneos por mala selección o utilización de las herramientas.

Herramientas básicas: El empleo de estas herramientas sigue el principio de Pareto, de ahí que unas pocas de ellas (herramientas básicas) permiten resolver la mayor parte de los problemas.

Las herramientas básicas fundamentalmente son las siguientes:

- Diagrama de Pareto.
- Histogramas.
- Selección ponderada.
- Diagrama causa y efecto.
- Diagrama de dispersión.
- Gráficos de control.

Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una gráfica en forma de barras que clasifican en forma descendente factores que se analizan en función de su frecuencia, importancia absoluta o relativa. Adicionalmente permite observar en forma acumulada la incidencia total del factor en estudio.

Está inspirado en el principio conocido como pocos vitales y muchos útiles, que reconoce que en los procesos hay unos pocos elementos o causas realmente importantes (20%) que generan la mayor parte del efecto (80%). En otras palabras, del total de problemas que causan la baja o no deseada eficiencia energética de una empresa, sólo unos cuantos de ellos afectan de manera vital su competitividad; y del total de causas de un problema, sólo pocas de ellas son determinantes de gran parte del mismo.

Todos los portadores energéticos se convierten en un mismo parámetro, tonelada de petróleo equivalente tcc para un mejor análisis.

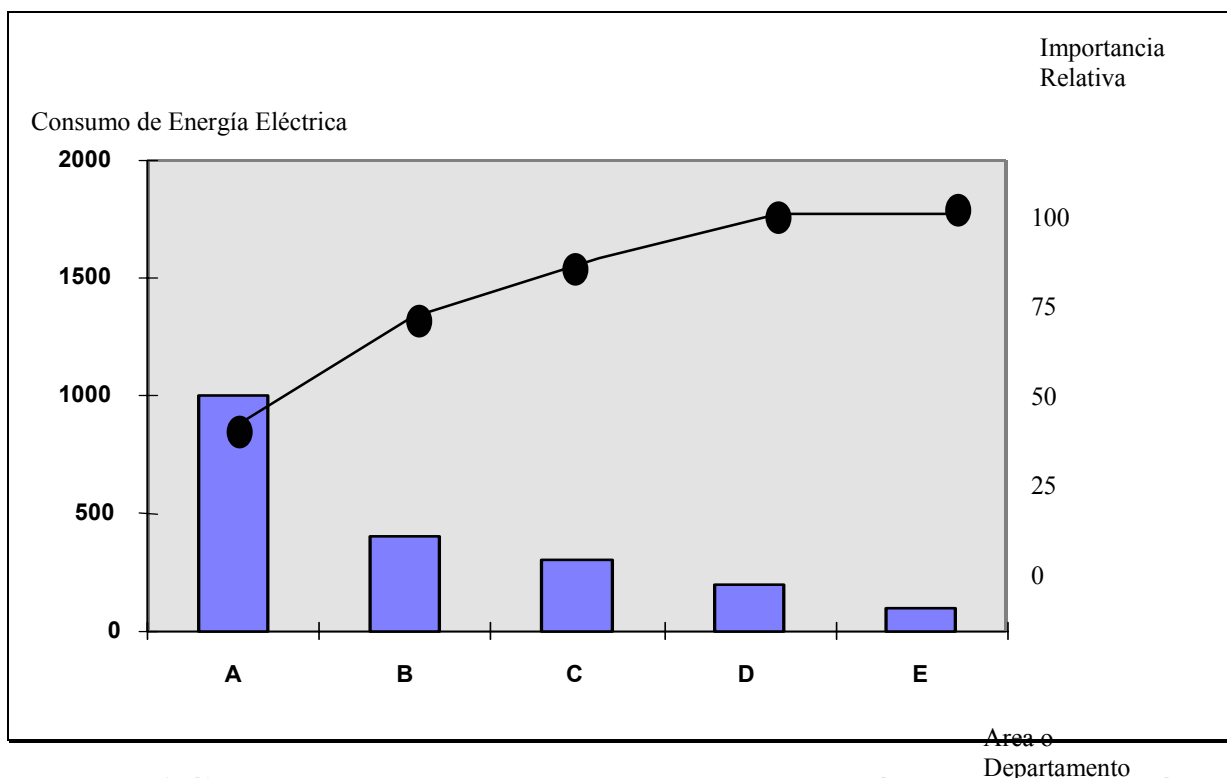


Fig. 1.3.1 Gráfico de Pareto del consumo anual de portadores energéticos de una instalación.

Histograma

El Histograma es una representación gráfica de la distribución de uno o varios factores que se confecciona mediante la representación de las medidas u observaciones agrupadas en una escala sobre el eje vertical. Generalmente se presenta en forma de barras o rectángulos cuyas bases son dadas por los intervalos de clases y las alturas por las frecuencias de aparición de las mismas. Las marcas en la escala horizontal pueden ser los valores límites reales o valores arbitrarios claves. Para que sea más legible, generalmente es mejor indicar los valores límites de las anotaciones aunque las bases de los rectángulos se extienden en realidad desde un valor limite real al siguiente más próximo.

El Histograma que se presenta más a menudo es aquel que tiene un valor central donde se agrupan el mayor número de observaciones y con frecuencias decrecientes a ambos lados del mismo. Este diagrama es definido como “distribución normal”. La distribución normal es aquella que descubre la variabilidad de un hecho cuando interviene solamente la aleatoriedad.

El Histograma es una instantánea de la capacidad del proceso y revela tres características del mismo:

- Centrado: media de los valores obtenidos.
- Distribución: dispersión de las medidas.
- Forma: tipo de distribución.

El Histograma se usa para:

- Obtener una comunicación clara y efectiva de la variabilidad del sistema.
- Mostrar el resultado de un cambio del sistema.
- Identificar anomalías examinando la forma.
- Comparar la variabilidad con los límites de especificación.

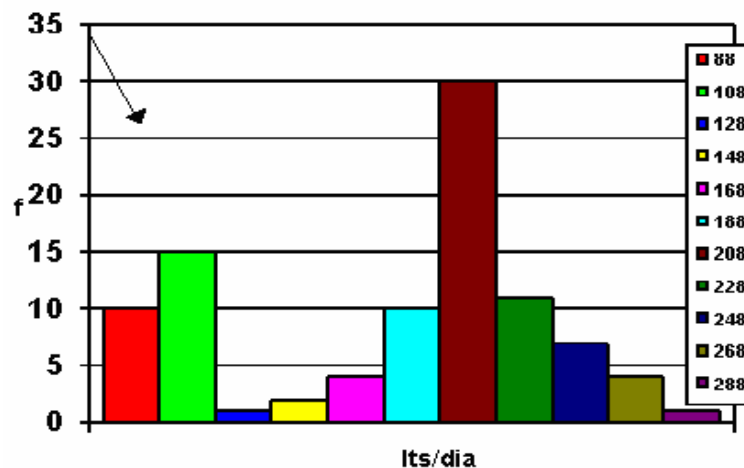


Fig. 1.3.2 Histograma del consumo de combustible en una instalación hotelera.

Selección ponderada

Es un método que permite a un grupo determinar una escala de prioridad en una lista de elementos no cuantificados, cuya importancia relativa es mensurable solamente a través de las opiniones de distintas personas experimentadas.

Diagrama causa y efecto

El diagrama causa y efecto se conoce también con el nombre de Ishikawa por ser quien lo diseñó en 1953, o diagrama de espina de pescado. Su valor principal es que representa de forma ordenada todos los factores causales que pueden originar un efecto específico.

El principio del diagrama consiste en establecer que el origen o causa del efecto puede encontrarse en: los materiales, el método, el equipo o la mano de obra. Si algún elemento fundamental no puede clasificarse dentro de estas cuatro categorías, deberá añadirse por separado. A su vez cada uno de estos factores es afectado por otros.

Aunque puede efectuarse alguna variación, el orden más eficaz para hacer el análisis de las causas con el Diagrama de Ishikawa requiere de 5 pasos:

1. Definir el efecto. Significa que sea claro, preciso y medible. Es importante no confundir causas (origen), problemas (enfermedad) y efectos (síntomas).
2. Identificar las causas. Cada miembro del grupo en una tormenta de ideas propone posibles causas del efecto descrito. Se toma la lista y se señala la palabra clave de cada causa. Se determinan las subcausas en torno a la palabra clave.
3. Definir las principales familias de causas. Se agrupan las causas y subcausas en familias de: métodos, mano de obra, equipos, materiales u otra causa fundamental del problema.
4. Trazar el diagrama. Se traza la línea central y las que representan las causas principales. Se aportan ideas en torno a cada causa principal por separado y se colocan con su palabra clave.
5. Seleccionar la causa. Una vez construido el diagrama, este cubre todas las posibles causas. Se realiza un proceso de selección ponderada para determinar las de mayor importancia.

Diagrama de dispersión.

Este diagrama permite observar la relación que existe entre una supuesta causa y un efecto. Su uso permite comprobar o verificar hipótesis que pudieran haberse desprendido del análisis del diagrama Ishikawa.

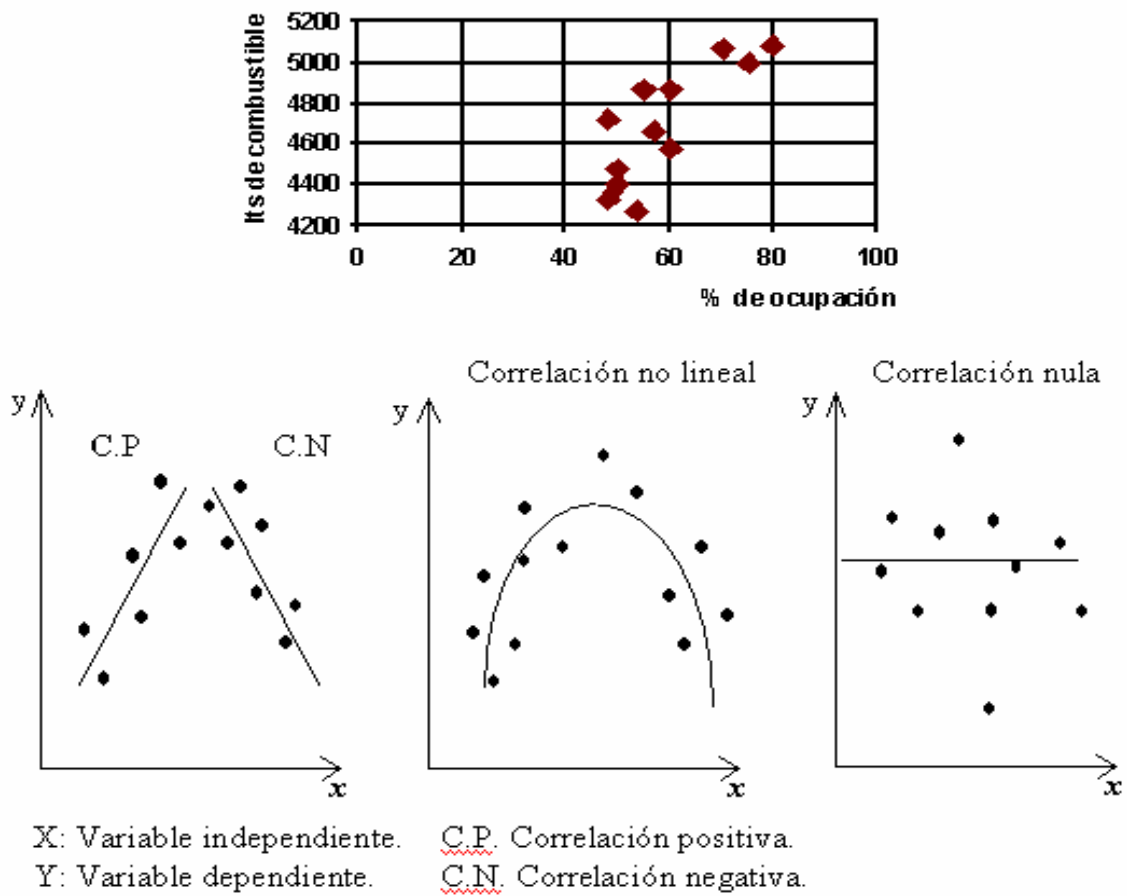


Fig. 1.3.3 Diagrama de dispersión contra por ciento de ocupación

Gráficos de control.

Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Generalmente se usan como instrumento de autocontrol por los círculos y grupos de calidad y resultan muy útil como apoyo a los diagramas causa y efecto, cuando logramos aplicarlos a cada fase del proceso y detectar en cuales fases se producen las alteraciones.

Su importancia consiste en que la mayor parte de los procesos productivos tienen un comportamiento denominado normal, es decir existe un valor medio M del parámetro de salida muy probable de obtener, mientras que a medida que nos alejamos de este valor medio la probabilidad de aparición de otros valores de este parámetro cae

bruscamente, si no aparecen causas externas que alteren el proceso, hasta hacerse prácticamente cero para desviaciones superiores a tres veces la desviación estándar (3S) del valor medio. Este comportamiento (que puede probarse en caso que no estemos seguros que ocurran) nos permite detectar síntomas anormales actuando en alguna fase del proceso y que influya en desviaciones del parámetro de salida controlado.

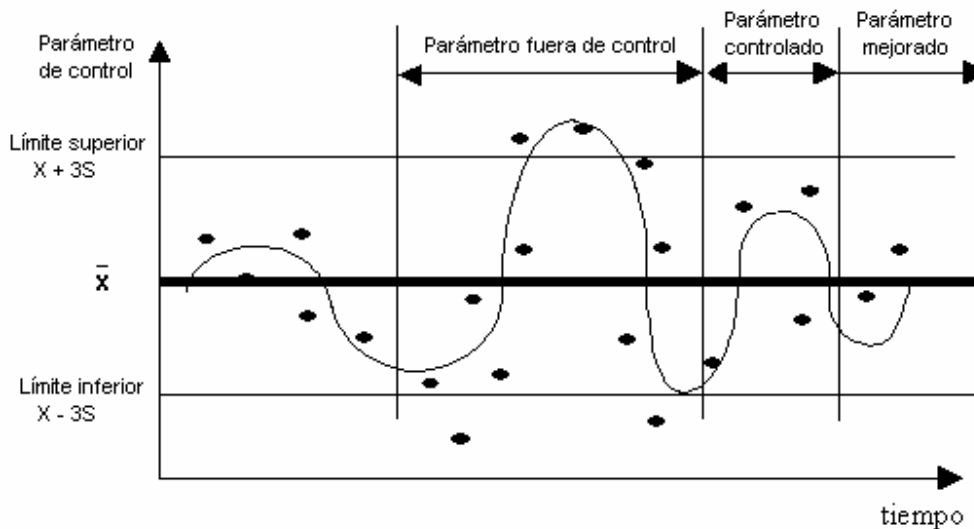


Fig. 1.3.4 Gráfico de control.

Los procesos de producción y consumo de energía por lo general son procesos estacionarios en el tiempo y con parámetros de control mediales que se ajustan a un comportamiento normal, por lo que todas las herramientas anteriormente expuestas permiten no solo evaluar los consumos, eficiencias, índices de consumo y otros indicadores que caracterizan el comportamiento de los sistemas de suministro eléctrico sino que constituyen el paso intermedio antes de la cuantificación total de las pérdidas esclareciendo mejor las causas que la provocan.

1.4 Compensación de la potencia reactiva.

Una gran parte de los equipos industriales requieren durante su operación normal, además de la Energía Activa, se emplean el uso o sea consumo de otro tipo de energía denominado Energía Reactiva. El motivo es que este tipo de cargas (denominadas inductivas) absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos que necesitan para su funcionamiento y la entregan durante la destrucción de los mismos. Los principales consumidores de este energía reactiva se incluye las siguientes: los motores eléctricos (60 al 65%) de la potencia reactiva total, los transformadores (20 al 25%) y las líneas, reactores convertidores y otros (cerca del 10%). Este trasiego de energía entre los receptores y la fuente (fig.1.4.1), provoca pérdidas en los conductores, caídas de tensión en los mismos, y un consumo de energía suplementario que no es aprovechable directamente por los receptores.

Hay que tener en cuenta que el factor de potencia ($\cos\phi$) no tiene solo una gran importancia en la economía de una empresa, sino esta generalizado en la energética de un país. Es decir, el factor de potencia caracteriza la relación de las potencias eficaces activa y reactiva, y constituye un índice de la utilización cualitativa de la energía eléctrica. Mediante el fp podemos saber el comportamiento de la magnitud de la potencia reactiva y la estabilidad de la misma.

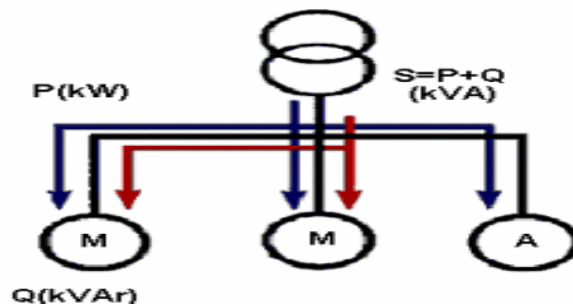


Fig.1.4.1 El consumo de energía reactiva se establece entre los receptores inductivos y la fuente

Causas y consecuencia de un bajo factor de potencia.

La existencia de un bajo factor de potencia esta dada por el aumento de la potencia reactiva de un sistema y por el mal aprovechamiento de la potencia útil suministrada con respecto a las cargas instaladas.

La operación de la planta con un bajo factor de potencia está condicionada principalmente por el trabajo de los motores asíncronos y de los transformadores con carga incompleta y el trabajo en vacío de estos equipos. Además el incremento de

instalaciones con varios dispositivos de inducción, la baja calidad de la reparación de los motores.

La introducción de accionamientos individuales de baja potencia es una de las causas del empeoramiento del factor de potencia. Se puede decir que cuanto más profundo se hace el proceso de automatización de las máquinas que utilizan energía eléctrica, tanto menor es el factor de potencia. Sin embargo, tal hecho en ningún caso significa una regresión técnica, ya que la difusión del accionamiento individual si bien es verdad que disminuye el $\cos\phi$, también disminuye notablemente el gasto de energía activa, debido a la eliminación de las pérdidas en las transmisiones mecánicas, y eleva la productividad, sin embargo, esto no elimina la responsabilidad del servicio energético por el bajo $\cos\phi$.

Forma de elevar el factor de potencia

El aumento del factor de potencia solo puede ser realizado a través de la correcta combinación de diferentes medios que hacen posible la elevación. Los medios para su elevación pueden ser considerados en dos grandes grupos:

- a) Racionalizando el trabajo de los equipos eléctricos instalados en las unidades consumidoras; es decir, mediante medidas que no exigen la utilización de dispositivos de compensación y cuya aplicación siempre es racional.
- b) Reducción del consumo de potencia reactiva utilizando medios compensadores.

Tabla 1.4.2 Factor de Potencia de los receptores más usuales

Aparato	carga	$\cos \phi$
motor asíncrono ordinario	0 %	0.17
	25%	0.55
	50%	0.73
	75%	0.8
	100%	0.85
lámparas de incandescencia		1
lámparas de fluorescencia		0.5
lámparas de descarga		0.4 a 0.6
hornos de inducción		0.85

Aumento de la potencia disponible

Reducción de la intensidad eficaz: *Un factor de potencia elevado optimiza los componentes de una instalación eléctrica mejorando su rendimiento eléctrico. La instalación de condensadores reduce el consumo de energía reactiva entre la fuente y los receptores. Los condensadores proporcionan la energía reactiva descargando a la instalación desde el punto de conexión de los condensadores aguas arriba. Como consecuencia es posible aumentar la potencia disponible en el secundario de un transformador MT/BT, instalando en la parte de baja un equipo de corrección del factor de potencia. La tabla 1.4.3, muestra el aumento de la potencia activa (kW) que puede suministrar un transformador corrigiendo hasta $\cos\phi=1$.*

Tabla 1.4.3. Aumento de la potencia disponible en el secundario de un transformador en función del $\cos \phi$ de la carga.

cos ϕ inicial	Aumento de potencia disponible
1	0.0 %
0.98	+ 2.0 %
0.95	+ 5.2 %
0.90	+ 11.1 %
0.85	+ 17.6 %
0.80	+ 25.0 %
0.70	+ 42.8 %
0.65	+ 53.8 %
0.50	+100.0 %

Disminución de las pérdidas

Reducción de pérdidas por efecto Joule.

La instalación de condensadores permite la reducción de pérdidas por efecto Joule (calentamiento) en los conductores y transformadores. Estas pérdidas son contabilizadas como energía consumida (kWh) en el contador. Dichas pérdidas son proporcionales a la intensidad elevada al cuadrado. Se puede determinar según la siguiente fórmula la disminución de pérdidas en función del $\cos \phi$ de la instalación:

$$\frac{\text{Pérdidas Finales}}{\text{Pérdidas Iniciales}} \left(\frac{\cos \phi_{\text{Inicial}}}{\cos \phi_{\text{Final}}} \right)^2$$

Ejemplo: La reducción de pérdidas en un transformador de 630 kVA, $P_{cu} = 6.500 \text{ W}$ con un $\cos \varphi$ inicial de 0,7. Si se compensa hasta $\cos \varphi$ final = 0,98, las nuevas pérdidas pasan a ser de: 3.316 W.

Reducción de las caídas de tensión.

La instalación de condensadores permite la reducción de las caídas de tensión en las cargas conectadas en el punto de conexión del equipo de compensación.

Método simplificado para la compensación de potencia reactiva.

Conociendo lo siguientes datos se pueden calcular de una manera simplificada las necesidades de compensación de una instalación:

- $\cos \varphi$ medio inicial,
 - $\cos \varphi$ objetivo,
 - potencia activa media de la instalación.
- Estos datos se pueden obtener:
- por cálculo: como se ha citado en el método general,
 - a través de una estimación según las potencias instaladas.

Con estos datos se puede proceder al cálculo por tabla.

Cálculo por tabla

Ejemplo: Cálculo de la potencia reactiva necesaria para compensar la instalación siguiente:

$P = 600 \text{ kW}$,

$\cos \varphi$ inicial = 0,75,

$\cos \varphi$ deseado 0,98.

Consultando con la **Tabla 1.4.4** se obtiene un factor = 0,679. Multiplicando este factor por la potencia activa de la instalación (600 kW) se obtiene la potencia reactiva a instalar:

$Q = 600 \times 0,679 = 407 \text{ kVAr}$.

Tabla 1.4.4 $\cos \varphi$ óptimo para el cálculo por tabla

Cos j	0.9	0.92	0.94	0.96	0.98	1
0.4	1.805	1.861	1.924	1.998	2.085	2.288
0.45	1.681				1.784	1.988
0.5	1.248				1.529	1.732
0.55	1.035				1.316	1.519

0.6	0.849				1.131	1.334
0.65	0.685				0.966	1.169
0.7	0.536				0.811	1.020
0.75	0.398	0.453	0.519	0.591	0.679*	0.882
0.8	0.266	0.321	0.398	0.459	0.541	0.750
0.85	0.02	0.191	0.257	0.329	0.417	0.620
0.9		0.058	0.121	0.192	0.281	0.484

1.5 Compensación de energía reactiva al sistema

La implantación de condensadores sobre una red eléctrica constituye lo que llamamos el «modo de compensación». Su implantación viene determinada por:

- El objetivo propuesto (supresión de gravámenes o penalizaciones, descarga de cables y transformadores, etc. o estabilización del nivel de tensión),
- El modo de distribución de la energía eléctrica,
- El régimen de carga,
- La influencia con aplicación de condensadores sobre las características de la red,
- El coste de la instalación.

La compensación de la energía reactiva puede ser de tres forma, entre los cual tenemos la Compensación global, La Compensación parcial y la Compensación Individual la cual a pesar de ser muy desfavorable económicamente esta considerado ser técnicamente ideal ya que produce la energía reactiva en el punto mismo de consumo, a continuar vamos a exponer sobre las demás compensación.

Compensación global

Ventajas

- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.
- Ajusta la potencia aparente (S en kVA) a la necesidad real de la instalación.
- Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW).

Observaciones

- La corriente reactiva (I_r) está presente en la instalación desde el nivel 1 hasta los receptores,
- Las pérdidas por efecto Joule en los cables no quedan disminuidas.

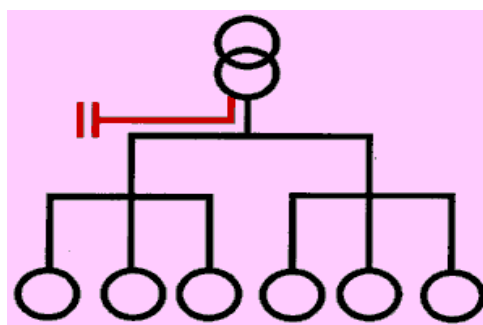


Fig.1.5.1 Compensación global.

Compensación parcial

Ventajas

- suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva,
- optimiza una parte de la instalación, la corriente reactiva no se transporta entre los niveles 1 y 2,
- descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW.).

Observaciones

- la corriente reactiva (I_r) está presente en la instalación desde el nivel 2 hasta los receptores.
- las pérdidas por efecto Joule en los cables se disminuyen.

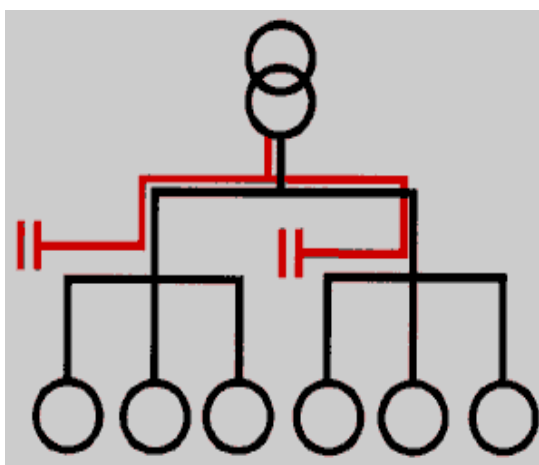


Fig.1.5.2 Compensación parcial.

Compensación Individual

Ventajas

- suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva,

- optimiza toda la instalación eléctrica. La corriente reactiva I_r se abastece en el mismo lugar de su consumo,
- descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW).

Observaciones

- la corriente reactiva no está presente en los cables de la instalación.
- las pérdidas por efecto Joule en los cables se suprimen totalmente.

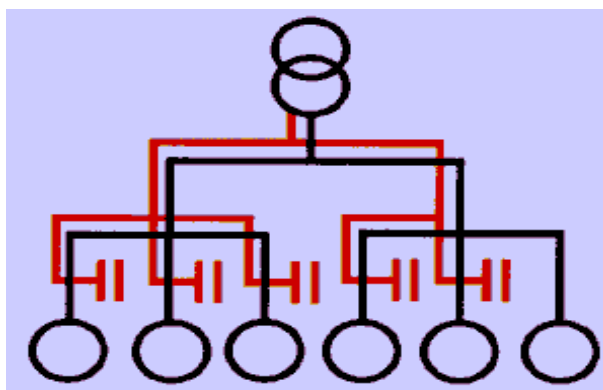


Fig.1.5.3 Compensación individual

1.6 Pérdidas por Transformación

En los sistemas de distribución existen dos variantes de distribución de energía mediante el empleo de los transformadores, en el primero de los casos en la entrada se emplea un transformador de potencia que recibe la energía del SEN y por el secundario del transformador se distribuye la energía a un nivel de tensión acorde con toda la carga presente en las instalaciones. En la segunda variante además de utilizar el transformador de potencia de entrada se utilizan otros transformadores de menor potencia que por lo general son transformadores secos los cuales adaptan los niveles de tensión a un Distribución de las cargas totales del sistema, en este caso es donde se acentúan las pérdidas por distribución debidas a los bajos coeficientes de carga.

Los transformadores de distribución no deben trabajar en un coeficiente de carga superior al 70%, garantizando así las reservas de energía adecuadas para futuros cambios en los sistemas.

Tabla 1.6.1 Fórmulas para calcular las pérdidas por transformación.

Pasos	Entrada	Cálculo
1	K coeficiente de carga $K \Delta P_0, \Delta P_C$ pérdidas en vacío y cortocircuito Calculadas o seleccionas por tablas	Pérdidas en transformadores de distribución $\Delta P = \Delta P_0 + \Delta P_C K^2$
2	ΔP_{01} pérdidas en vacío para el transformador de menor capacidad ΔP_{C1} pérdidas en cortocircuito para el transformador de menor capacidad	Coefficiente de carga límite, del transformador menor $K_L = \sqrt{\frac{\Delta P_0 - \Delta P_{01} + \Delta P_C K^2}{\Delta P_{C1}}}$
3	I_L V_L	Entrega de potencia para el banco completo $S_C = \sqrt{3} I_L V_L$
4	T y t tiempo total de carga del banco y de pérdidas S y S_N potencia aparente de la carga total y nominal de un transformador	Pérdidas de energía para el banco de transformadores $\Delta E = 3\Delta P_0 + \frac{1}{3} \Delta P_{CC} \left(\frac{S}{S_N} \right)^2 t$

Para el cálculo de las perdidas de transformación es importante tener en cuenta el régimen de trabajo del transformador así como determinados parámetros como las perdidas en el hierro y en el cobre que están debidamente tabulados por el fabricante en los expedientes técnicos del equipamiento. Para la determinación de estas perdidas se emplea la ecuación (1) aparece descrita a continuación.

$$PT = P_{fe} \times T_3 + (KVAR / KVAn)^2 \times PCU \times T_1 \tag{1}$$

Donde:

PT: Pérdidas totales que se producen en un transformador.

Pfe: Pérdidas de Hierro.

T₃: Tiempo en horas en que está energizado el transformador.
24 horas x 30 días = 720 horas/mes .

KVAR: Consumo del mes (kWh)/T₁ x fp = kVA reales.

fp: El cálculo de acuerdo a los datos del metro contador de energía activa y energía reactiva , o igual a 0.8 cuando no existe metro contador de energía reactiva.

PCU: Pérdidas de Cobre.

T₁: Tiempo de trabajo en que interactúa la corriente de carga
un turno 200 h/mes

dos turnos 400 h/mes

tres turnos 720 h/mes

kVAn: Potencia Aparente nominales.

Estas pérdidas pueden analizarse además de la siguiente forma:

$$\Delta P = \Delta P_0 + \Delta P_C K^2 \quad (2)$$

donde:

K = coeficiente de carga

ΔP_0 , ΔP_C = pérdidas de vacío y cortocircuito, respectivamente.

Vale la pena indicar que estos datos se los encuentra en tablas ya que cada fabricante realiza una lista de las principales características referentes a pérdidas tanto en vacío como en cortocircuito, rendimiento, potencia, etc.

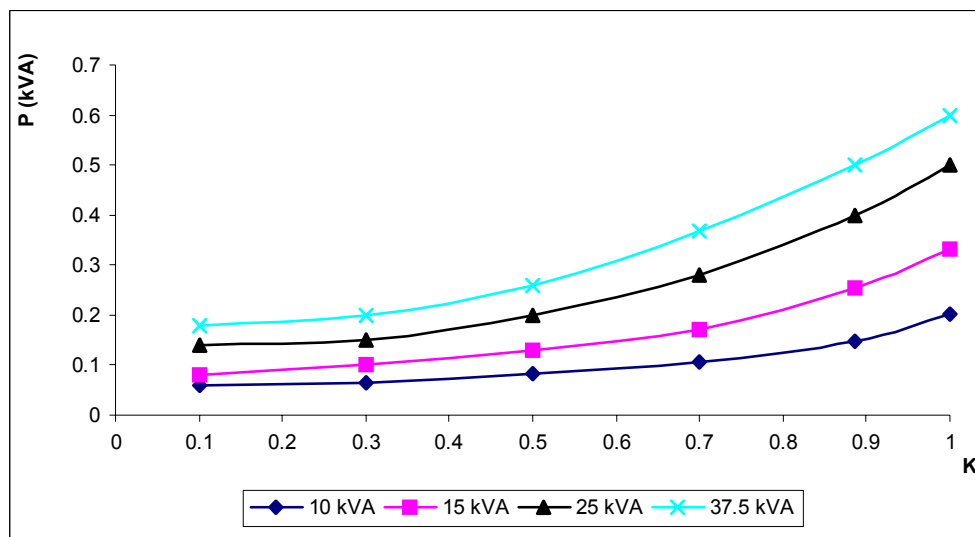


Fig.1.6.2 Dependencia de las pérdidas en función de K

En la figura 1.6.2 se plantea ΔP Vs. K para transformadores de distribución. De estas curvas se observa (a modo de ejemplo) que para un transformador de 25 kVA de potencia nominal, trabajando con un coeficiente de carga igual a 0.2, puede ser sustituido, con el objetivo de disminuir las pérdidas y eliminar capacidad ociosa, por uno de 15 kVA siempre y cuando el nuevo coeficiente de carga sea menor de 0.52, siendo este último el coeficiente de carga límite. En esa misma línea, ese transformador de 25

kVA puede ser sustituido por otro de 10 kVA si el coeficiente de carga es menor de 0.70.

De esta forma el coeficiente de carga límite, por debajo del cual se puede sustituir un transformador de mayor capacidad por uno de menor potencia nominal, se podrá hallar a partir de igualar ambas expresiones de pérdidas de potencia, de donde:

$$K_L = \sqrt{\frac{\Delta P_0 - \Delta P_{01} + \Delta P_c K^2}{\Delta P_{c1}}} \quad (3)$$

Donde:

$\Delta P_0, \Delta P_{01}$ = Pérdidas de vacío para transformador de mayor y menor capacidad, respectivamente.

$\Delta P_c, \Delta P_{c1}$ = Pérdidas de cortocircuito para el transformador de mayor y menor capacidad respectivamente.

K = Coeficiente de carga del transformador de mayor capacidad.

K_L = Coeficiente de carga límite del transformador menor.

1.7 Desequilibrios y pérdidas asociadas en instalaciones eléctricas.

La extracción de potencia de la red eléctrica por medio de un receptor monofásico puede multiplicar por seis la potencia perdida respecto a las menores pérdidas posibles. En lo continuo de este epígrafe se demuestra que, fijado el factor de potencia, las mínimas pérdidas se producen si la potencia se demanda por medio de un receptor trifásico equilibrado. Se generaliza la demostración para un sistema de cualquier número de fases y se analiza un caso práctico. La influencia de los receptores en la eficiencia del sistema eléctrico ha sido y es un tema de permanente atención. La búsqueda se dirige ahora principalmente a averiguar las influencias negativas provocadas por los armónicos que los receptores 'no lineales' hacen aparecer en la tensión de la red y a crear magnitudes adecuadas para la medida de estas perturbaciones. Sin embargo, siguen existiendo influencias negativas de las cargas "lineales" cuya disminución no sólo no se acomete, sino que, en algún caso, las soluciones adoptadas no consiguen el objetivo perseguido. El bajo factor de potencia de los receptores como causa del incremento de pérdidas de energía en la distribución es la única de las influencias perjudiciales que ha merecido un intento

generalizado de control por las empresas de distribución de energía eléctrica y por las administraciones de los países desarrollados.

El procedimiento de bonificación o penalización, que es de total eficacia en distribución monofásica, puede resultar contraproducente en distribución trifásica, pues la corrección del factor de potencia de un receptor trifásico no garantiza menores pérdidas en el sistema eléctrico, sino que, según los casos, puede aumentarlas. Otra característica de los receptores que provoca pérdidas de energía en el sistema eléctrico de distribución trifásica es el desequilibrio de las cargas. Pero, en este caso, salvo recomendaciones generales de reparto equilibrado dirigidas a los instaladores, no existen acciones encaminadas a persuadir al consumidor para que procure el equilibrio de su carga. Quizá sea porque el perjudicado principal es ahora el propio abonado. Las menores pérdidas se producen cuando se utilizan receptores trifásicos equilibrados. Se extiende esta conclusión a receptores de cualquier número de fases.

1.7.1 La potencia de un receptor trifásico

La distribución trifásica habitual se realiza mediante líneas de cuatro hilos (tres fases, A, B y C, y neutro N). La potencia activa que absorbe un receptor trifásico (Fig.1.7.1) es:

$$P = V_A I_A \cos \varphi_A + V_B I_B \cos \varphi_B + V_C I_C \cos \varphi_C$$

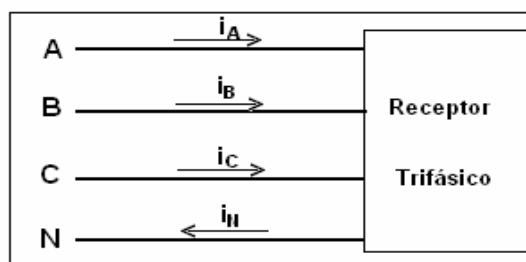


Fig. 1.7.1 potencia activa que absorbe un receptor trifásico

donde:

V_A, V_B y V_C : son los valores eficaces de las tensiones entre cada fase y el neutro.

I_A, I_B e I_C : son los valores eficaces de las intensidades de línea, números reales positivos o nulos por tanto y φ_A, φ_B y φ_C las diferencias de fase entre las tensiones V_A, V_B y V_C las intensidades i_A, i_B e i_C respectivamente, con independencia de la forma de conexión del receptor trifásico y de su grado de desequilibrio. Incluso si la carga no está conectada al neutro, esté en estrella o en triángulo, o aunque esté formada por diferentes receptores monofásicos conectados entre las fases y entre las fases y el neutro, en cualquier orden y de cualquier forma, la fórmula anterior es válida [3 y 6]. Los términos:

$$P_A = V_A I_A \cos \varphi_A;$$

$$P_B = V_B I_B \cos \varphi_B;$$

$$P_C = V_C I_C \cos \varphi_C.$$

Se llaman potencia activa entregada al receptor por las fases A, B y C respectivamente.

La potencia que se pierde en las fases y el neutro es :

$$P_P = R_A I_A^2 + R_B I_B^2 + R_C I_C^2 + R_N I_N^2$$

Si los conductores tienen la misma resistencia R,

$$P_P = R(I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 + I_N^2)$$

Las recomendaciones de equilibrar la carga suelen justificarse por la conveniencia de que las tensiones de la línea permanezcan también equilibradas, ya que distintos valores de las intensidades de las fases producen caídas diferentes de tensión debidas a las impedancias de los conductores de la línea; pero no suele citarse la pérdida de energía. La asimetría de las cargas provoca incrementos de las pérdidas.

1.7.2 Un ejemplo extremo de pérdidas en las líneas por desequilibrio de las cargas.

Con objeto de mostrar, en una primera aproximación, que los desequilibrios de las cargas incrementan las pérdidas en las líneas de distribución, examinaremos un caso de desequilibrio extremo.

Si de una línea de tensiones equilibradas se absorbe una potencia P por una carga trifásica equilibrada de factor de potencia $\cos \varphi$ la intensidad por cada fase vale:

$$I_P = \frac{\sqrt{3}P}{U \cos \varphi}$$

U es el valor eficaz de la tensión entre fases de la línea de alimentación. La intensidad del neutro es nula.

Por tanto la potencia que se pierde en la línea vale:

$$P = 3RI_c^2 = 3R \frac{P^2}{3U^2 \cos^2 \varphi} = R \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \varphi}$$

Si la misma potencia es absorbida por una carga monofásica del mismo factor de potencia que la trifásica anterior conectada entre dos fases, la intensidad por esas dos fases vale:

$$I_n = \frac{P}{U \cos \varphi}$$

Y es nula en el resto de los conductores; por tanto la potencia perdida vale:

$$P_{pm} = 2RI_m^2 = 2R \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \varphi}$$

De forma que:

$$\frac{P_{um}}{P_{pc}} = 2$$

Es decir, sólo por causa del desequilibrio se ha duplicado la potencia perdida en la línea.

Si un receptor monofásico que absorba la misma potencia con el mismo factor de potencia se conecta entre fase y neutro los efectos son peores, ya que entonces la intensidad vale:

$$I_m = \frac{P}{V \cos \varphi} = \frac{\sqrt{3}P}{U \cos \varphi}$$

Y la potencia perdida en la línea:

$$P_{pl} = 2RI_{ml}^2 = 2R \frac{3P^2}{U^2 \cos^2 \varphi} = 6R \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \varphi}$$

Con lo que:

$$\frac{P_{pl}}{P_{pc}} = 6$$

Resultando que la potencia perdida en la línea se multiplica por seis respecto a la que se pierde cuando la misma potencia se entrega a una carga trifásica equilibrada. Se ha supuesto que el conductor neutro tiene la misma resistencia que cada una de las fases, y que la caída de tensión en cada caso no produce desequilibrio ni variación apreciables de las tensiones de los receptores.

1.8 Instrumentación moderna para la gestión en la redes de distribución.

Analizador programable de redes.

Para realizar esta investigación se ha empleado como base que la medición de los parámetros de las redes, son ejecutados a través de un Analizador Programable de Redes. Mostramos a continuación en la Fig.1.8.1 un ejemplo de este equipo y mas adelante sus características generales que justifican la proliferación de este tipo de instrumento en la actualidad.



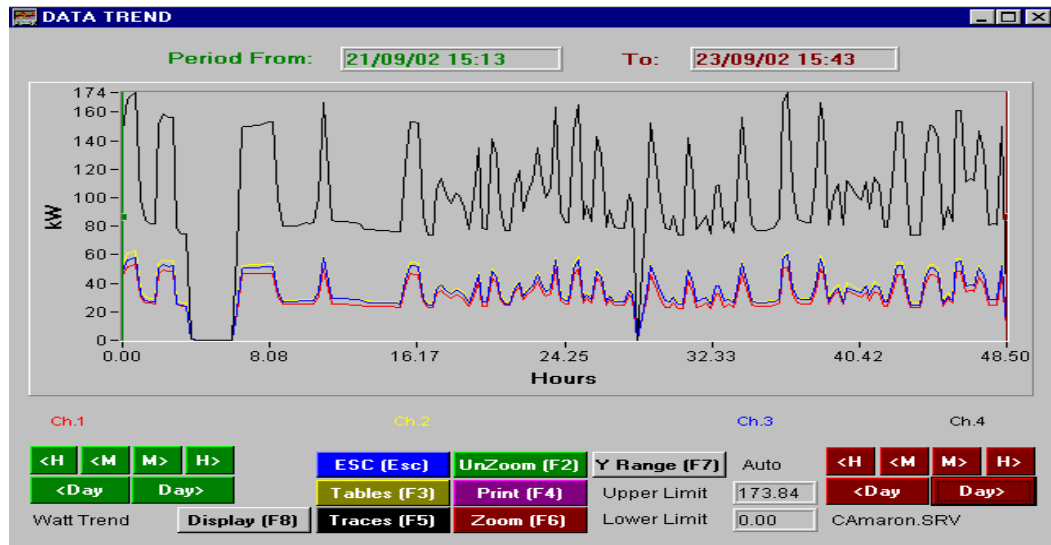
Fig.1.8.1 Analizador de Redes de NORTHWOOD DATA LOGGERS LTD.

Este analizador posee una tarjeta clave Power KeyCard la cual constituye el eje tecnológico principal en la medición de potencias y consumos junto con el Data Trend (software compañero intuitivo del InterLogger) se podrán observar: Tendencias en tensión, intensidad, potencias activa, reactiva y aparente y factor de potencia para las tres fases y el neutro.

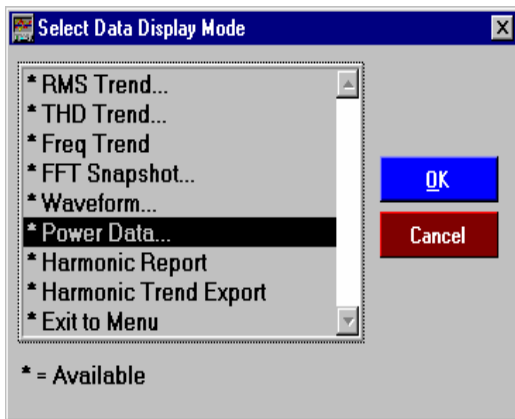
En el PC se podrán presentar las formas de onda y actividad armónica, tanto en tensión como en corriente, la frecuencia de la red en el canal, etc. Este registrador es un sistema analizador trifásico de tensiones y corrientes, capaz de medir el contenido armónico y demás parámetros RMS de cada una de las fases, empleando un complejo algoritmo matemático. Este equipo puede averiguar porcentualmente el contenido de armónicos y la distorsión armónica total en cada fase de tensión y corriente. Las mayorías de las medidas pueden ser leídas en el campo en el display del aparato, mientras que los datos

registrados se podrán volcar en un PC vía puerto serial RS232 o mediante la tarjeta de memoria PCMCIA. El interfaz para tarjeta de memoria aporta también los medios para programar y actualizar el sistema operativo del Interlogger. Este aparato se alimenta de la línea en todo su rango de medida y la batería recargable mantiene la información registrada en el caso de fallo de tensión.

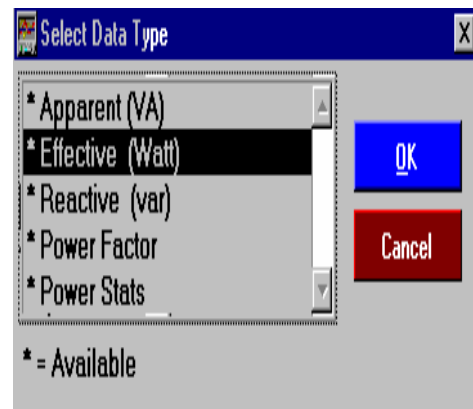
A continuación presentamos algunas de las pantallas fundamentales con las que cuenta el DATA TREND, software que interactúa con los datos medidos brindando la posibilidad hasta de importarlos a programas de manejo de bases de datos.



a)



b)



c)

Fig.1.8.2 Pantallas del DATA TREND: a) Ventana principal, b) Selección del modo de datos en el display y c) Selección del tipo de dato.

Se muestra un ejemplo de resultado analiza con el programa DATA TREND.

CAPITULO II

Análisis de los Resultados.

Introducción

En este capítulo se realiza un análisis del consumo histórico del portador energético electricidad, se determina el comportamiento de las distintas magnitudes eléctricas a partir de las mediciones realizadas y se exponen los resultados de la estructura de la facturación eléctrica en los dos años 2004 y 2005. Todas las referencias cuantitativas de las distintas magnitudes permiten un análisis de las posibilidades de una mejor explotación y la aplicación de las herramientas para la gestión energética en la empresa específicamente en la electricidad.

2.1 Análisis de Consumo Histórico de Energía Eléctrica en las instalaciones principales de la empresa.

El sistema de distribución de Energía Eléctrica en “Las Camariocas” (UPI) ha pasado por 2 etapas. La primera etapa en la cual el transformador de fuerza alimentaba a otra dependencia que no pertenecía a la UPI, como por ejemplo las oficinas de la Empresa Cromo Moa. En una segunda etapa, el transformador de fuerza principal solo esta prestando servicio a Las Camariocas, lo cual ha permitido realizar mejor el presente estudio. Para el análisis se han empleado los valores de consumo de electricidad correspondiente a los años 2004 y 2005. En el gráfico de control de la figura 2.1.1 se puede observar la tendencia a mantenerse el consumo energía eléctrica cerca del valor promedio de 31330.42 kWh/mes aunque a partir de Noviembre de 2004 el valor se mantiene por debajo del promedio.

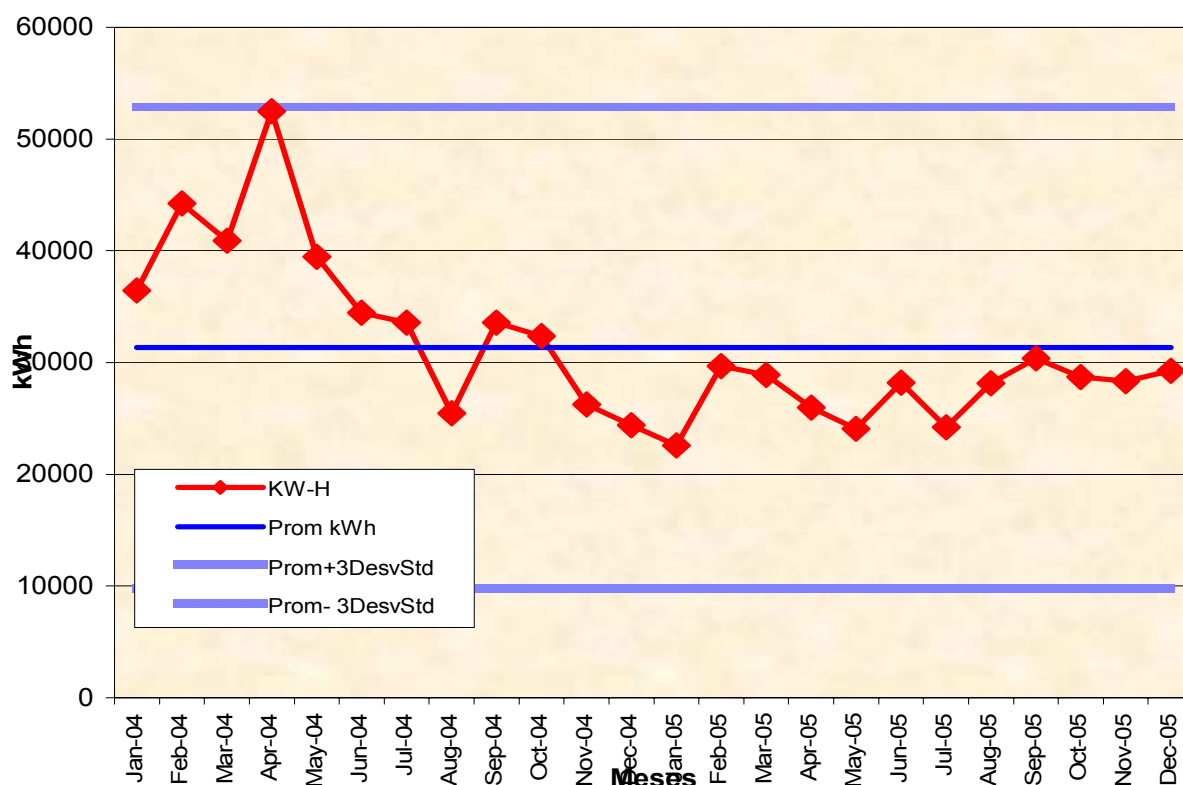


Fig. 2.1.1 Gráfico de Control del Consumo de Energía

A pesar de que la mayoría de los servicios que presta la empresa se realizan fuera de la entidad, es necesario proponer y encontrar un índice de consumo para el portador electricidad.

De todos los servicios que se realiza como empresa la **UPI** declarado en su Objeto Social, cinco (5) de ellos se realizan fuera de la empresa. Por lo que no consumen energía eléctrica propiamente de la Unidad. Los cuatro (4) restantes servicios que si se desarrollo por completo en áreas de la empresa son: (1) Prestar servicios de reparación, mantenimiento y conservación a instalaciones, maquinarias, equipos industriales, sistemas automatizados y climatizados al sistema de MINBAS y a terceros, (2) Ofrecer servicios de pintura a equipos en instalaciones de la Organización Empresarial Cubaniquel y a terceros, (3) Brindar servicios de alquiler de almacenes temporalmente disponible en moneda nacional cobrando los gastos en pesos cubanos convertible al costo y (4) Comercializar de forme mayorista en ambas monedas chatarra a la Empresas de Recuperación de materia primas de Holguín y Productos Ociosos.

Las actividades administrativas de todos los servicios que se prestan y donde se agrupan las fuerzas indirectas a la producción se localizan en los edificios de la empresa.

Lo ideal sería que todas la empresas cuenten con indicadores de eficiencia energética, para este caso especifico establecer un índice de consumo aparte de que lleva un trabajo muy profundo se dificulta en el

sentido de que no se cuenta con una producción “única”, los servicios que presta no pueden evaluarse en función de la cantidad, etc. Es por tanto que en el presente trabajo se evalúan básicamente los índices Económico- Energética principalmente de la electricidad. Ejemplo de esto: *Gastos Energéticos / Gastos Totales y Energía Total consumida / Valor de la producción total realizada (Intensidad Energética)*. En este caso se refiere a los ingresos en divisas por todo los servicios que prestan.

Después de varios análisis se considero tomar los ingresos totales de la empresa en el 2004 y 2005 a partir de todas las actividades que realizaron. Solo se trabajo con los valores de los ingresos en CUC debido a que esta empresa inversionista es presupuestada, por lo que los ingresos en moneda nacional pasan directamente a una cuenta del estado sin facilidades de operarla. En el caso de la divisa si se puede utilizar y es la que permite sufragar los gastos que se generan en esa moneda.

En el grafico de la figura 2.1.2 se puede observar las variaciones del indicador que se propone (kWh/ CUC). El valor promedio de este indicador es de 0.92 kWh / CUC. En este caso existe en el mes de Septiembre de 2004 un parámetro fuera de control en el cual los ingresos decrecieron a 11300 CUC y el consumo de kWh fue de 33580 lo que hace crecer el índice hasta el valor de 2.97 kWh/ CUC.

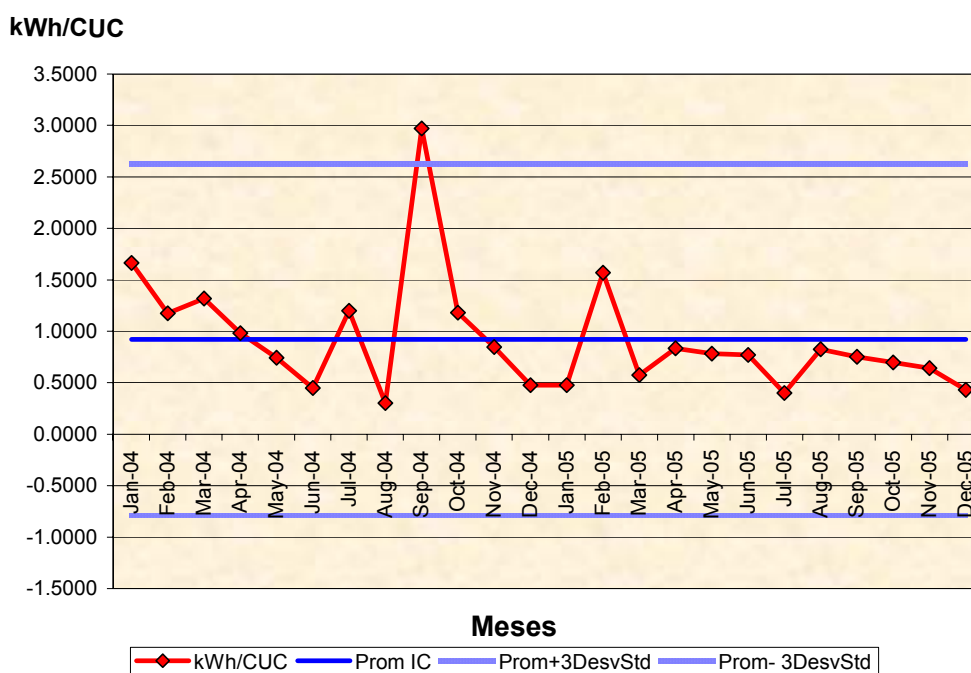


Fig. 2.1.2 Grafico de Control del Índices Económico - Energético

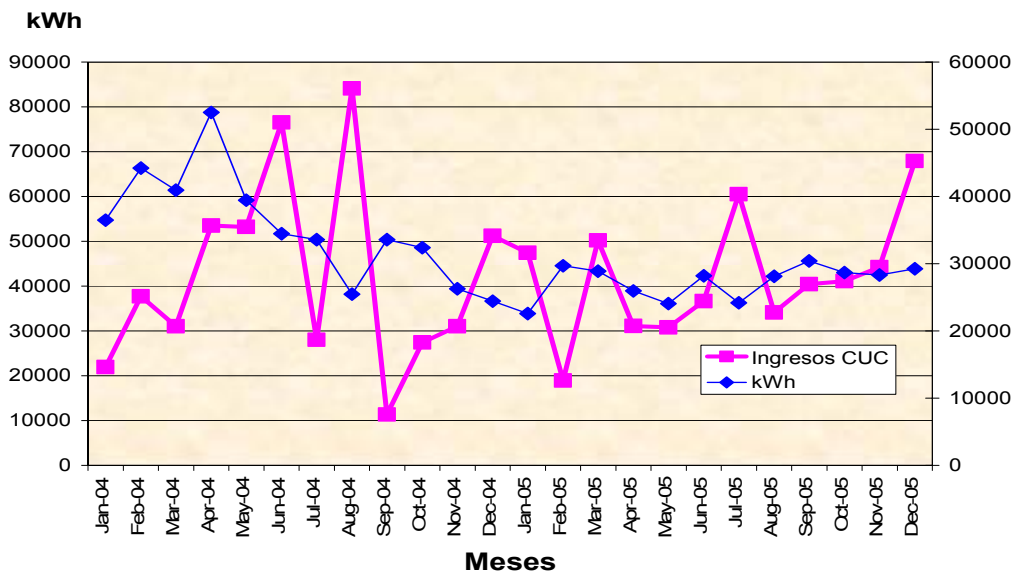


Fig. 2.1.3 Gráfico Energía y Producción

En el gráfico de la figura 2.1.3 es visible como se entrelazan los valores de consumo de electricidad y la producción en valores (CUC). Esto presupone la no existencia de correlación entre estas dos magnitudes lo cual se demuestra en el gráfico de la Fig.2.1.4 donde existe una nube de puntos en la cual se localiza la ecuación lineal que mejor sigue la tendencia de los datos y el coeficiente de correlación de 0.006.

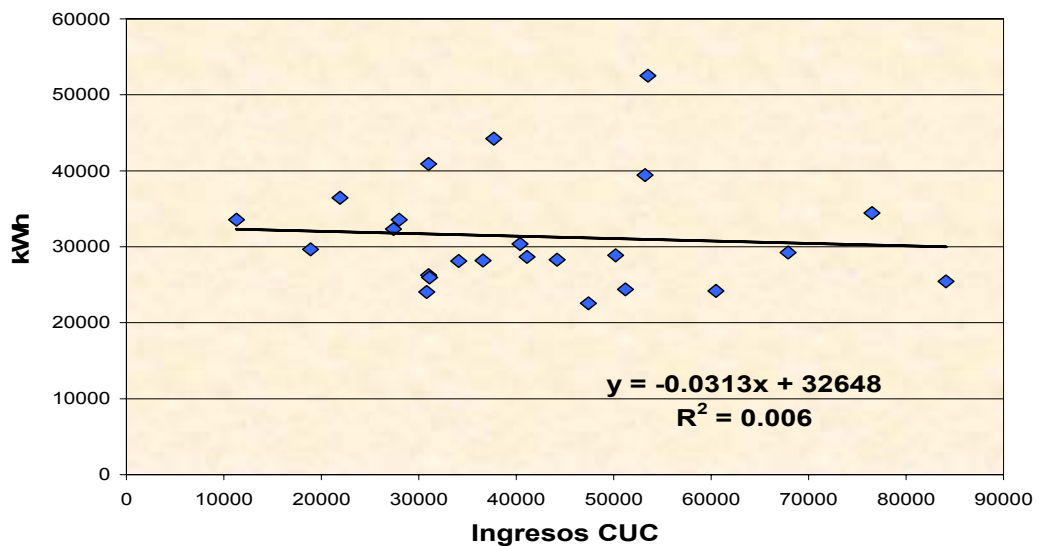


Fig. 2.1.4 Gráfico de dispersión Ingresos CUC vs Energía

Determinar los distintos índices de consumo no es un trabajo fácil, ya que se deben tener a mano todos aquellos aspectos relacionados con la producción o con las actividades de la empresa que mejor puedan relacionarse y crear un determinado indicador. Además presupone de un trabajo especializado que evalúa en detalle todos los elementos que intervienen. La bibliografía recomienda determinar producciones equivalentes para llegar a formar indicadores y en muchos casos sugiere tener índices por las diferentes actividades que se realizan para lograr una gestión energética acorde a cada actividad. Lo que no se concibe es que por razones de no tener un índice a nivel de empresa definido no se realicen trabajos de control de los portadores que muestren un determinado nivel de pertinencia.

2.1.1 Comportamiento de la facturación eléctrica (2004-2005)

La facturación eléctrica permite verificar a partir del servicio que se le pide a la OBE como se dividen los pagos por los distintos elementos que forman parte de ella. A continuación se presenta la ecuación general de la factura eléctrica.

$$S = \left[CD \cdot Dc + \left(P_p \cdot kWh_{pico} + P_m \cdot kWh_{mad} + P_d \cdot kWh_d \right) \cdot K + I_{\Delta P_{transf}} \right] \cdot \left(\frac{Fp_{normado}}{Fp_{real}} - 1 \right) \quad (2.1)$$

Donde:

CD: Costo de la Demanda

Dc: Demanda Contratada

P_p: Precio del kWh en horario pico

P_m: Precio del kWh en horario Madrugada

P_d: Precio del kWh en horario Día

KWh_{pico}: energía activa consumida el horario pico.

KWh_{mad}: energía activa consumida el horario Madrugada

KWh_d: energía activa consumida el horario Día

K: Factor de combustible

I_{ΔP_{transf}}: Perdidas por transformación

F_{p_{normado}}: Factor de potencia normada

F_{p_{real}}: Factor de potencia real

Durante el año de 2004 existieron penalizaciones por baja factor de potencia muy acentuadas las cuales representaron un importe de \$7231.94 CUC para el cierre del año. La estructura de la facturación eléctrica para este periodo indican que el 44.7% del costo de la factura corresponde al consumo de energía eléctrica en el horario normal, el 15% en el horario pico un 19.4% por el pago de la Demanda Contratada, un 19.4% por el concepto de la penalización por bajo factor de potencia o lo que es lo mismo

por la no compensación de la potencia reactiva (Q). El otro por ciento restante 1.5% corresponde al importe de las pérdidas por transformación. (Ver la figura 2. 1.1.1)

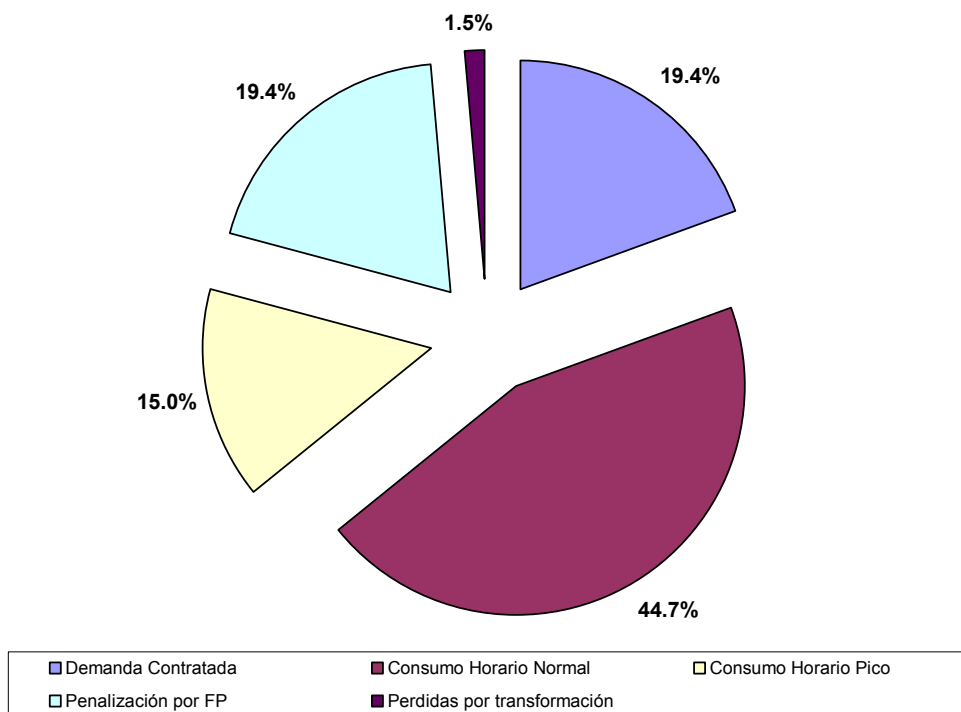


Fig. 2.1.1.1 Representación de los importes de la factura del año 2004

Analizando la factura del año 2005 se observa que en comparación al año 2004 hay una mejora en el sistema, acentuada en la disminución del pago de las penalizaciones por bajo factor de potencia en unos \$ 6742,75 CUC.

La estructura de la facturación eléctrica en este periodo indican que el 52% del costo de la factura corresponde al consumo de energía eléctrica en el horario normal, el 16.7% en el horario pico un 26.3% por el pago de la demanda contratada, un 1.8% por el concepto de la penalización por bajo factor de potencia y 3.3% restante corresponde al importe de las pérdidas por transformación. (Ver la figura 2.1.1.2).

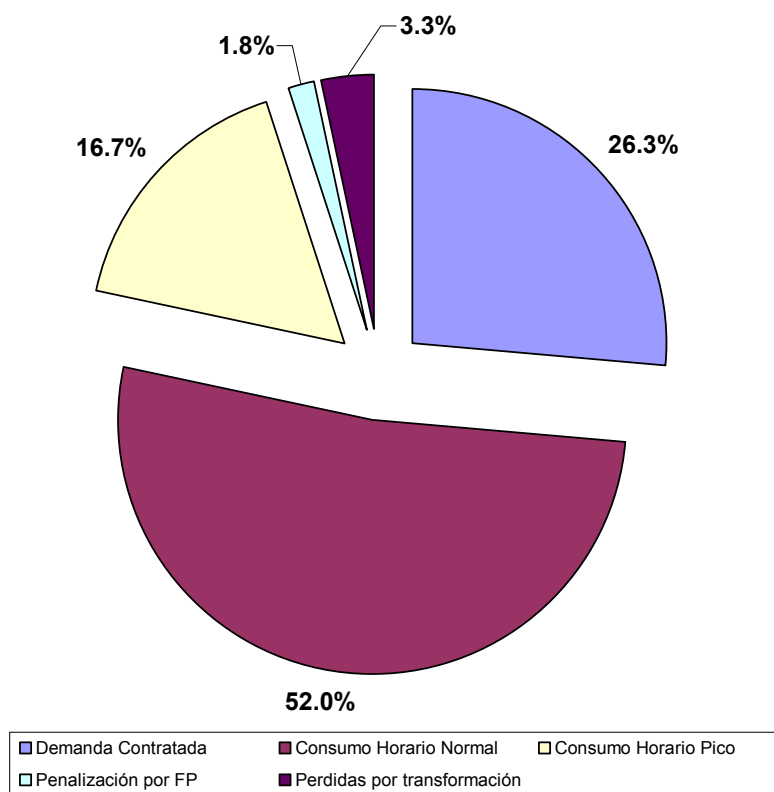


Fig. 2.1.1.2 Representación de los importes de la factura del año 2005

En resumen en el año 2005 se pagaron unos \$9992,17 CUC menos que en el año 2004 y se dejaron de consumir unos 95,31MWh.

2.2 Mediciones Eléctricas en nodo principal del Sistema de Distribución

Las mediciones en el sistema de distribución se realizaron con un Analizador de Redes Eléctrica digital, el cual tiene la facilidad de almacenar los datos y luego mediante el software correspondiente se exportan al Excel estas magnitudes. En primer lugar se midió a la salida del transformador de fuerza del sistema. Esta medición fue de 24 horas con un intervalo de muestreo de 4 minutos. El día escogido para esto a partir del jueves 8 de Junio hasta el Viernes 9, periodo representativo en función de las actividades que normalmente se realizan en la empresa.

El comportamiento de las potencias en el nodo principal se puede observar en el grafico de la figura 2.2.1 en el cual a partir de las 5:00 PM se produce un valle en las curvas de Potencia Activa y Aparente hasta las 8:00 AM del próximo día debido a que en estos horarios es que termina e inicia la jornada laboral.

La potencia que se manifiesta en este horario correspondan a las pocas cargas que se quedan conectadas y fundamentalmente la de iluminación. En el grafico se presenta ademas la disminución en el

consumo en el horario de 12:00 a 1:00 PM cuando se apagan los aires acondicionados cumpliendo con las medidas de ahorro vigentes. En el horario de la tarde de 1:00 PM hasta muy cerca de las 5:00 PM se presenta el máximo consumo de energía manteniéndose la demanda entre los 65 - 80 kW.

En el caso de la potencia reactiva en más del 95% del tiempo de medición alcanzo valores negativos lo que indica que en el sistema esta potencia esta sobrecompensada. A pesar que la potencia reactiva instalada no esta colocada para compensar globalmente, sí se encuentra conectada en el secundario del transformador de 160 kVA que alimenta al edificio administrativo. Existe una distancia de 240 m al centro de carga donde se localiza el capacitor, aportando reactivo capaz de manifestarse en el nodo principal y donde el contador percibe un factor de potencia elevado. No obstante la compensación no es correcta debido a que se quedan cargas como se puede observar en otros análisis que no reciben directamente una potencia reactiva, necesaria para mejorar esta compensación.

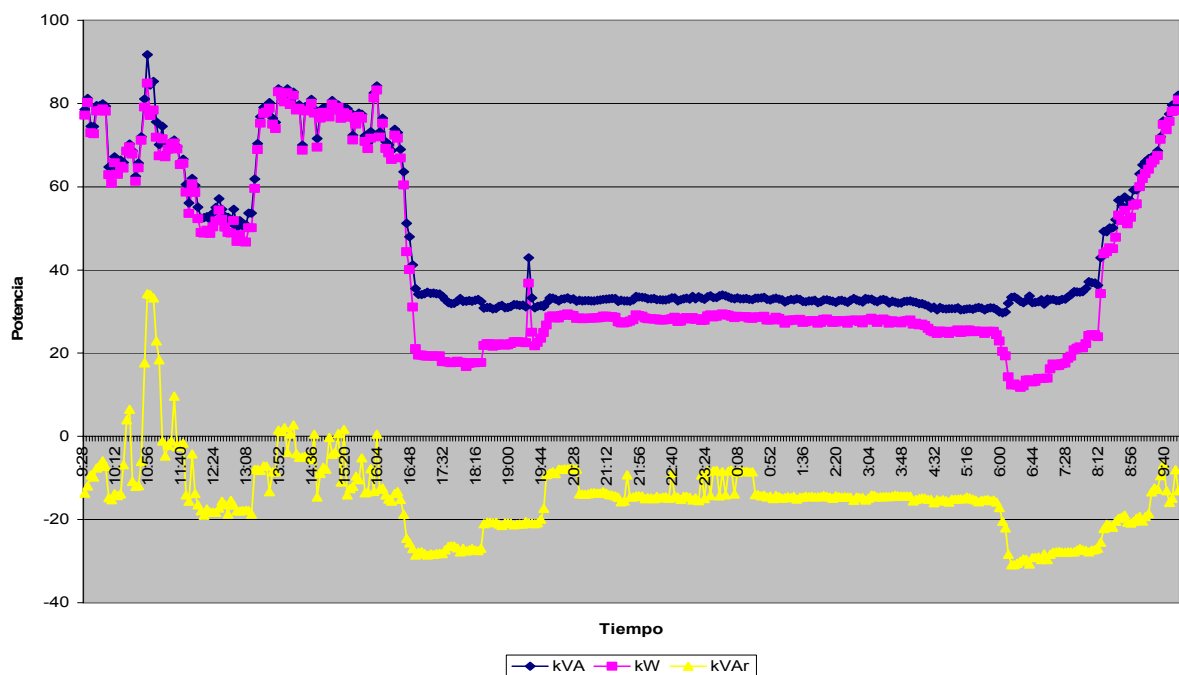


Fig. 2.2.1 Diagrama de Potencia vs. Tiempo

Las mediciones se indican que esta sobrecompensación esta presente en casi todo el día, donde se aporta una potencia reactiva adicional que no es consumida.

En el caso del comportamiento de las tensiones de línea las mismas nunca alcanzan variaciones superiores al 6% por lo que el transformador de fuerza puede quedarse trabajando en TAP actual. El valor promedio de esta variable se manifiesta en un 453V. (Ver figura 2.2.2).

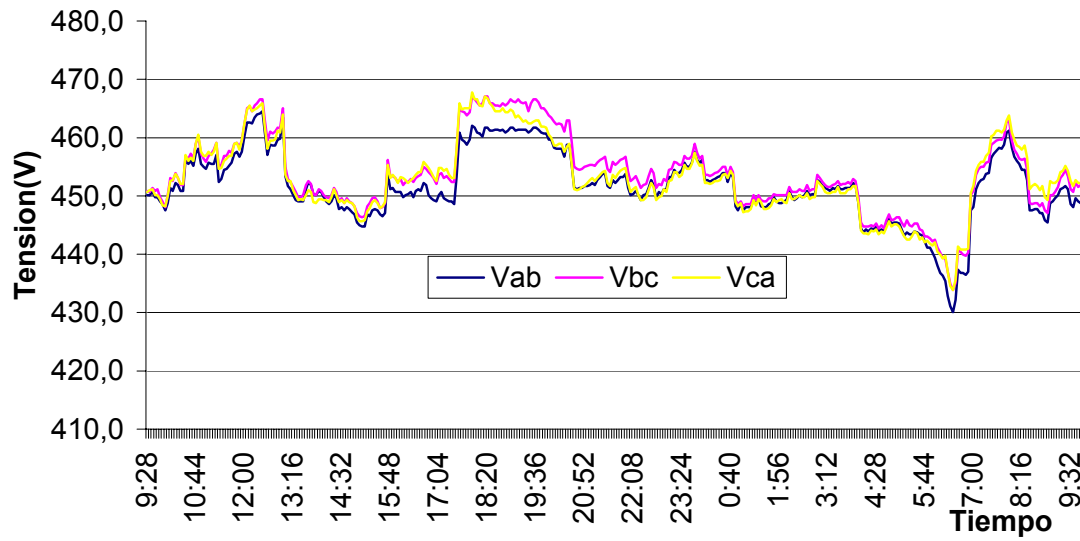


Fig. 2.2.2 Diagrama de Tensión vs. Tiempo

En el caso de las corrientes, se observa que durante las 9:00 AM y las 4:30 PM esta presente un desequilibrio. El desequilibrio se acentúa desde las 5:00 PM hasta las 6:00 AM del próximo día, en que la fase a mantiene un consumo superior en 8 A que la fase c, y la fase b mantiene un consumo superior en 27A con respecto a la fase c. Por tanto las pérdidas por desequilibrio se acentúan en este horario (ver figura 2.2.3)

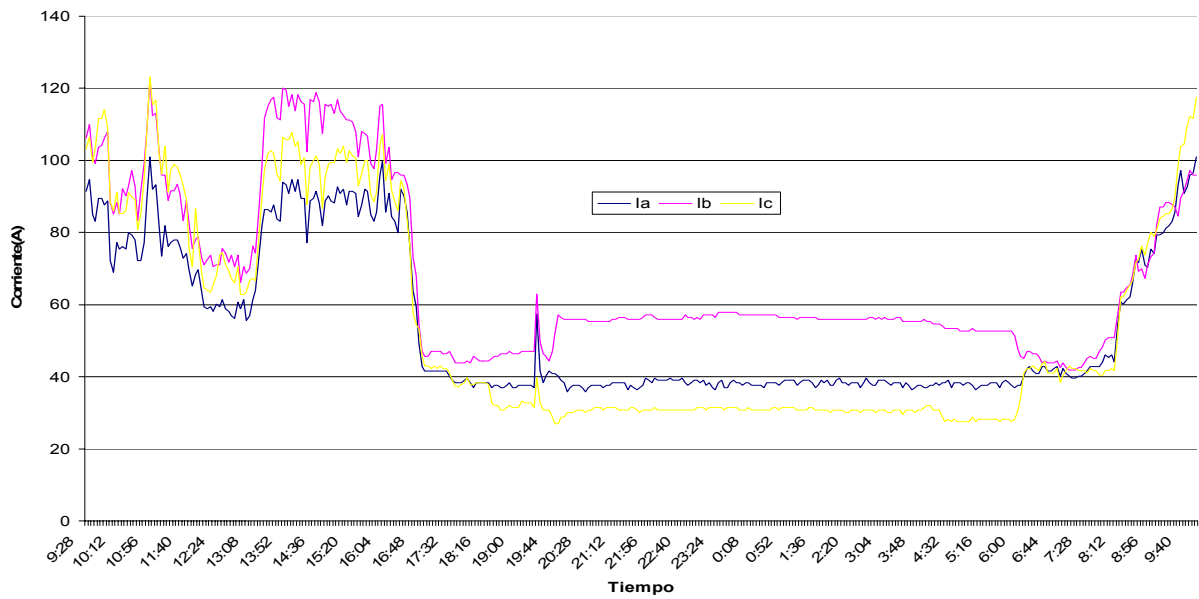


Fig. 2.2.3 Diagrama de Corriente vs. Tiempo

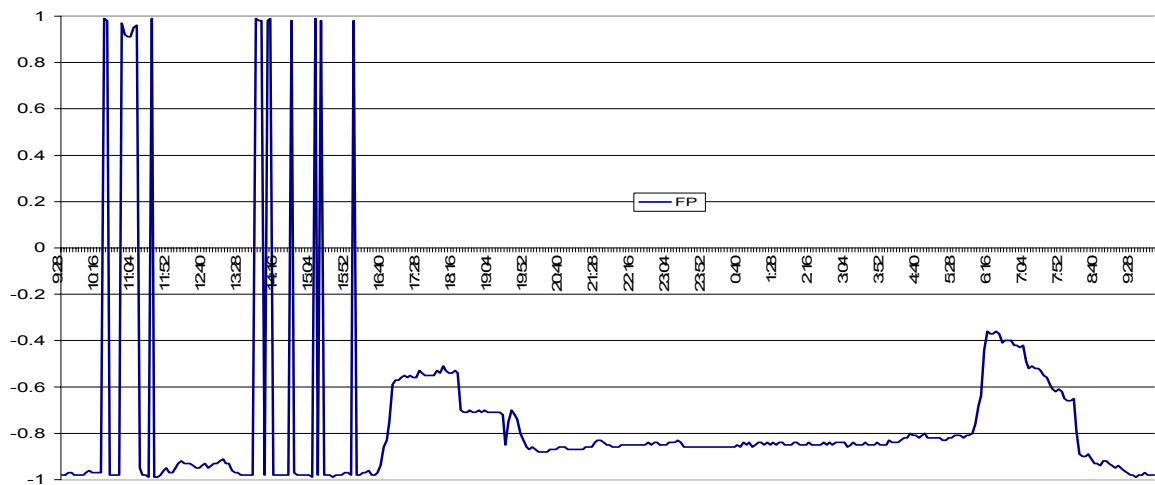


Fig. 2.2.4 Diagrama del comportamiento del factor de potencia

En el caso de la Distorsión Total Armónica de Tensión (THD_v) la misma se acentúa en el horario de mínima demanda. Donde alcanzan valores muy cercanos al 2%. Aunque esta magnitud está dentro de los parámetros permisibles que es hasta el 3%. El valor promedio del THD_v se manifiesta en 1.01 como promedio (ver la figura 2.2.5)

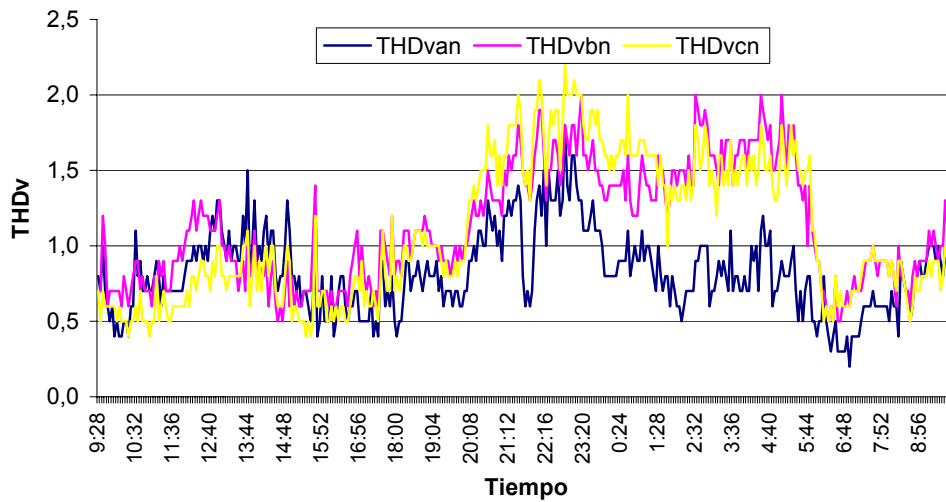


Fig. 2.2.5 Diagrama de THD_v vs. Tiempo

La Distorsión Total Armónica de Corriente (THD_i) se hace más visible en el horario de mínima carga (de 5 PM a 8 AM del próximo día). En la fase A es donde se incrementa este valor hasta alcanzar un valor máximo de 40%, los valores máximos de los restantes fase oscilan en el 15%. Haciendo referencia a la norma de esa magnitud, la misma no sobrepasa el valor permisible por la norma de un 90%. (ver la figura 2.2.6).

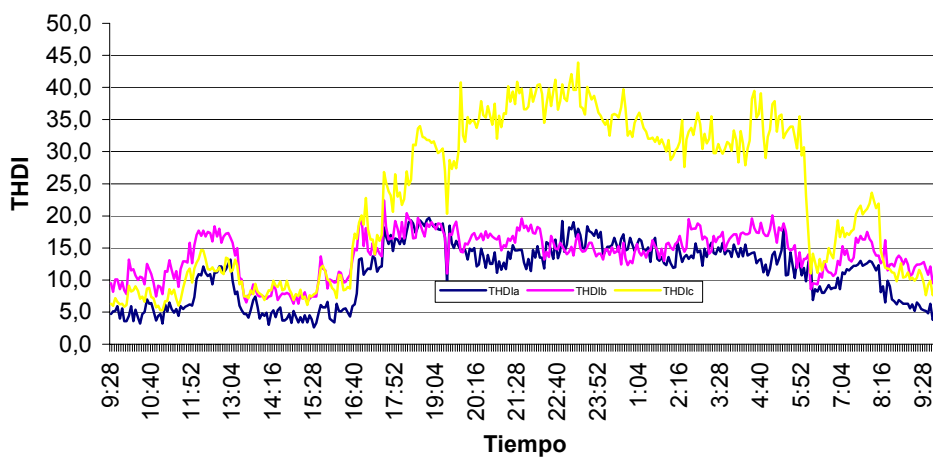


Fig. 2.2.6 Diagrama de THD_i vs. Tiempo

2.2.1 Mediciones Eléctricas realizadas en el Interruptor 1

El sistema de suministro de “Las Camariocas” se distribuye en dos ramales principales, en uno de ellos se realiza la compensación de la potencia reactiva (Q) y en otro ramal no. Este es el caso del Interruptor número uno (**Int.1**) donde explicaremos los resultados de las mediciones realizados en este circuito. En este int.1 se alimentan las cargas referente a la Subestación 7RP mas el alumbrado y de las demás cargas presente en las Plantas.

Al realizar una descripción del comportamiento de la potencia en este punto del sistema de suministro eléctrico se puede observar en la figura 2.2.1.1 como el consumo de la potencia reactiva supera el consumo de la potencia activa lo cual confirma la necesidad de compensar en este ramal del sistema de suministro. La potencia aparente durante la mayor parte supera los 30 kVA, sin embargo la potencia reactiva y activa se mantiene por debajo de 25. Lo anterior indica que existe una pobre compensación de potencia reactiva en este ramal manifestándose un factor de potencia promedio de 0.64 lo cual aparece en el grafico de la figura 2.2.1.2

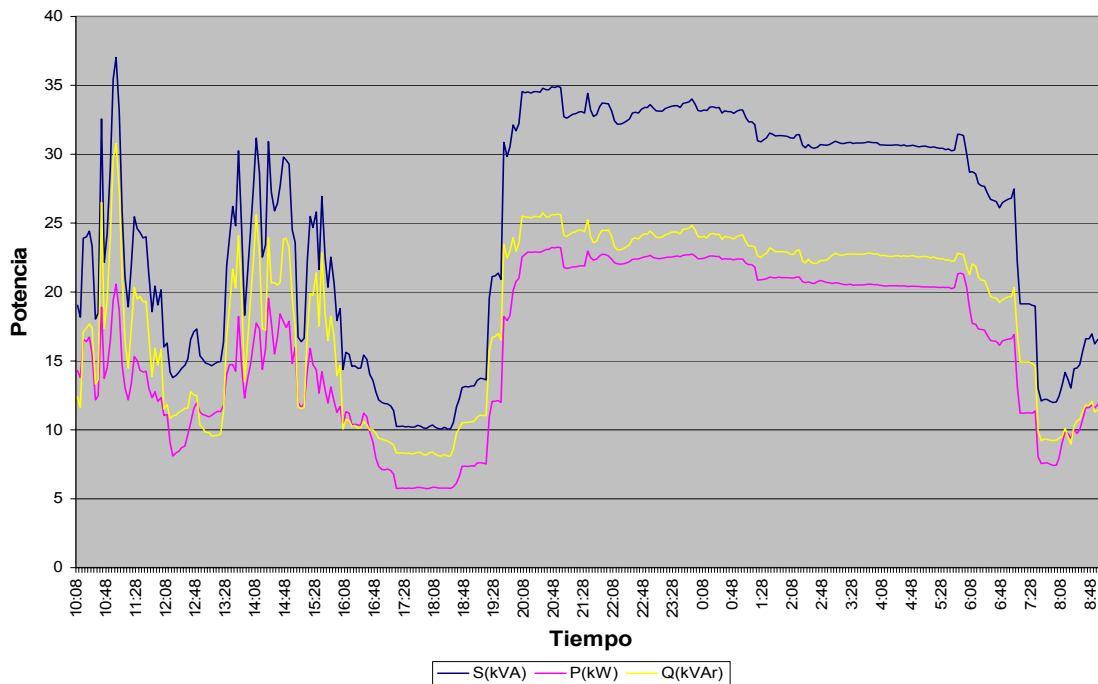


Fig. 2.2.1.1 Diagrama de Potencia vs. Tiempo

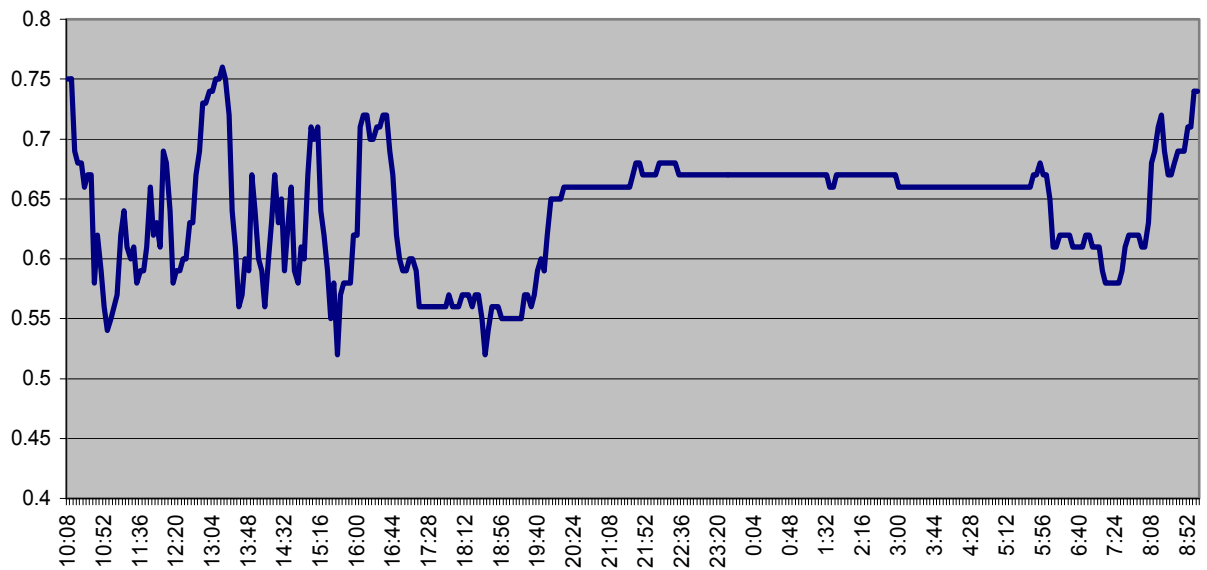


Fig. 2.2.1.2 El comportamiento del Factor de Potencia

En el caso de la tensión el valor promedio se presentó en los 451V lo que indica la no existencia de efectos nocivos por esta variable en el sistema. (Ver figura 2.2.1.3)

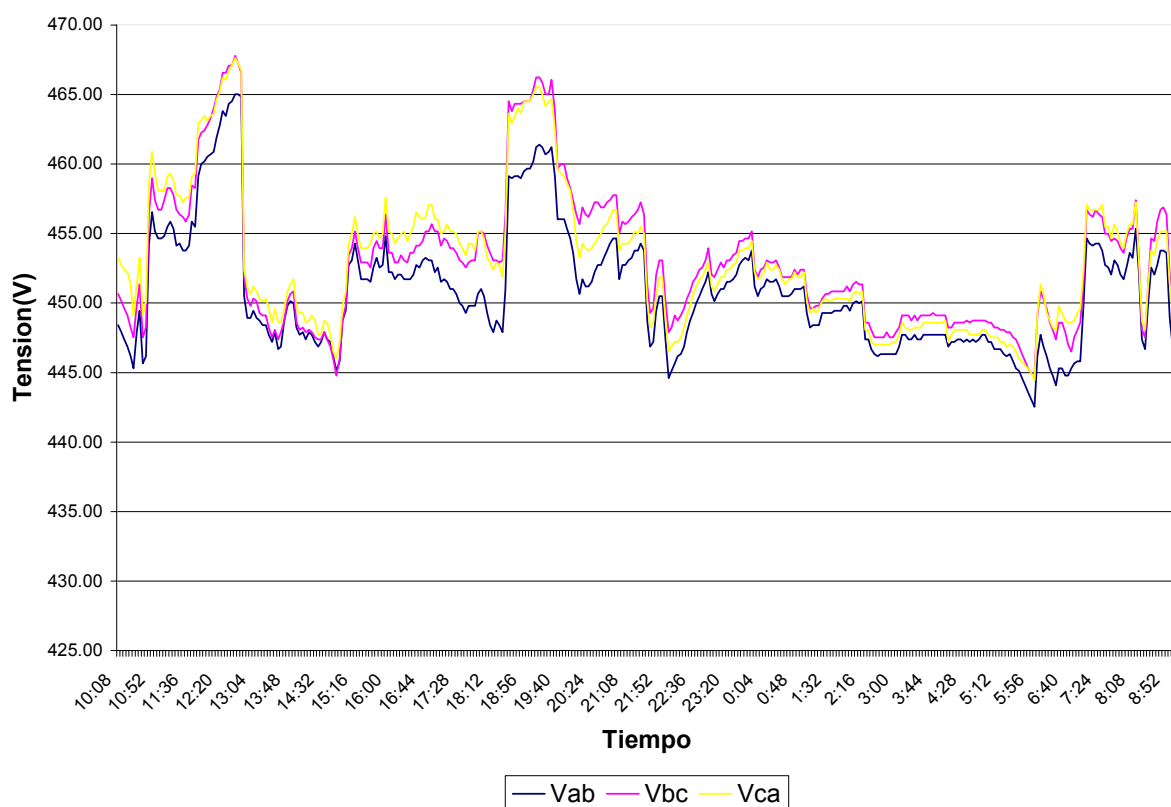


Fig. 2.2.1.3 Diagrama de Tensión vs. Tiempo

En el caso del comportamiento del consumo de la corriente en este interruptor se puede observar que entre la 7:30 PM y 7:30 AM hubo un desequilibrio permanente. La corriente de la fase b supera en 19 A como promedio la corriente de la fase c. La corriente de la fase a supera como promedio en 6 A la corriente de la fase c. En los demás horarios el consumo de corriente de las distintas fases se mantiene similar (Ver figura 2.2.1.4)

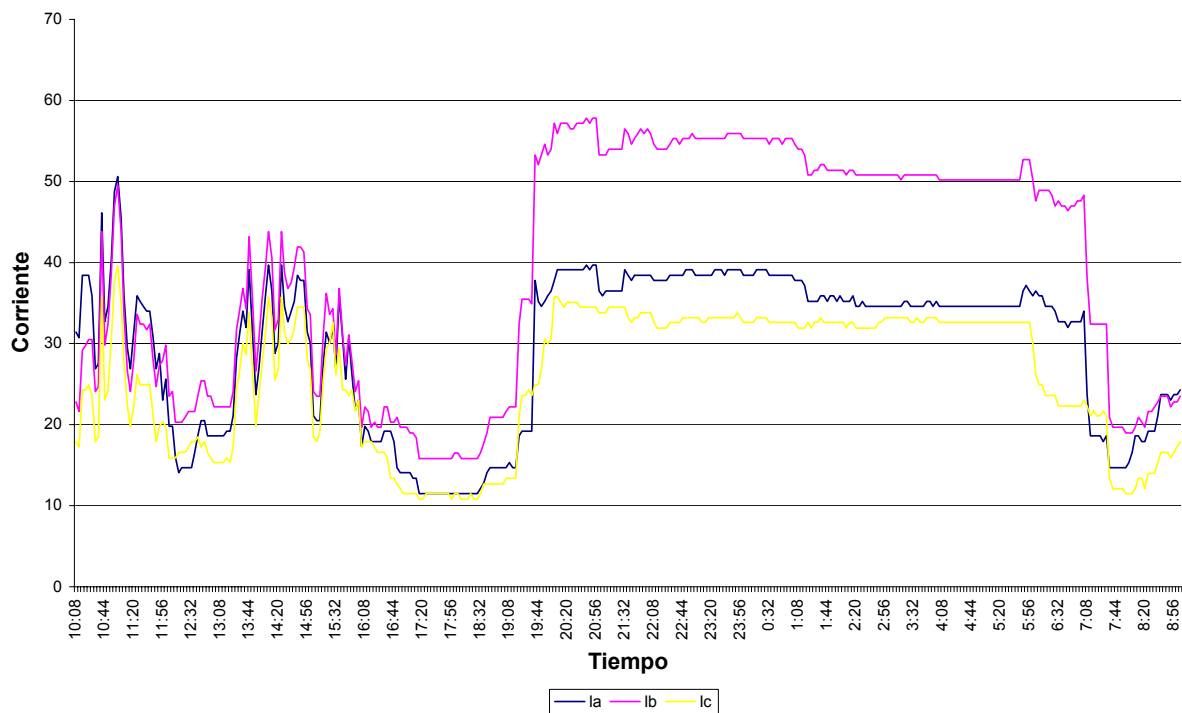


Fig. 2.2.1.4 Diagrama de Corriente vs. Tiempo

Para el caso de Distorsión Total Harmónica de Tensión (THDv) esta se acerca al valor permisible del 3% pero nunca lo supera. En la Distorsión Total Harmónica de Corriente (THDI), se acentúa en valores máximo de 30, observándose una diferencia significativa en este parámetro entre las 3 fases en el horario de máxima carga. (ver comportamiento de la THDv y THDI en las *figuras 2.2.1.5 y 2.2.1.6* respectivamente).

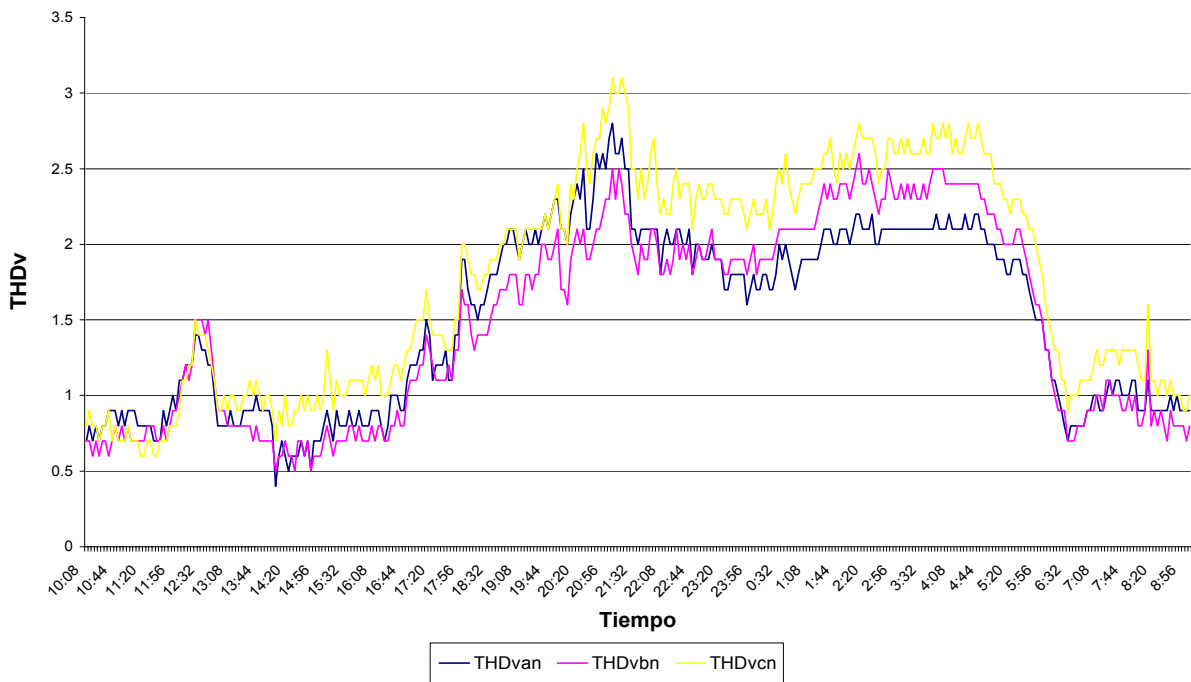


Fig. 2.2.1.5 Diagrama de THD_v vs. Tiempo

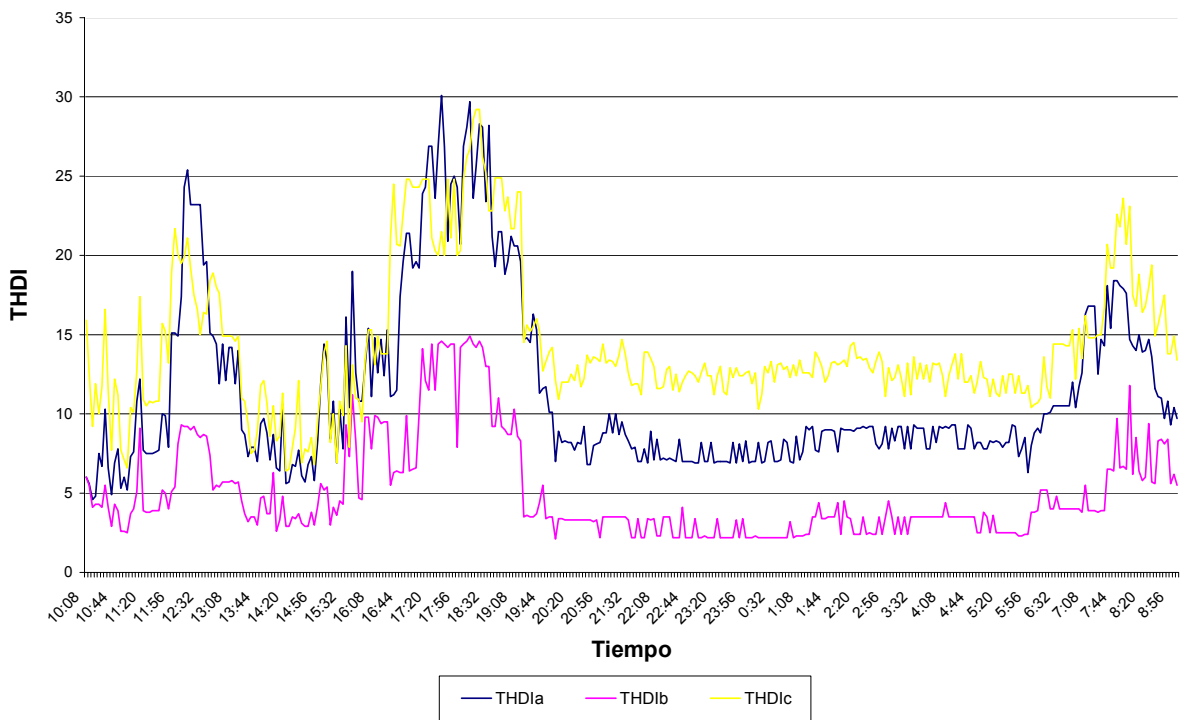


Fig. 2.2.1.6 Diagrama de THD_i vs. Tiempo

2.2.2 Mediciones Eléctricas realizadas en el Interruptor 2

La medición realizada en unos de los circuitos ramales principales, correspondiente al interruptor principal número 2 (**Int. 2**) se realizó con intervalos de muestreo de 4 minutos por un periodo de 24 horas y 54 minutos. En este circuito se encuentra instalada del más 80% de la carga en funcionamiento del sistema. Se puede observar en la figura 2.2.2.1 como la potencia activa crece en el horario laboral manteniéndose la mayor parte del tiempo superior a 60kW. En este periodo durante el horario de almuerzo entre la 12PM y 1 PM esta magnitud decrece por debajo de 60kW. A partir de la 5PM y durante 11 horas aproximadamente el consumo alcanza valores promedio de 14kW. En este ramal se observa una sobrecompensación permanente de la potencia reactiva alcanzando el valor promedio de -28.79 kVAr.

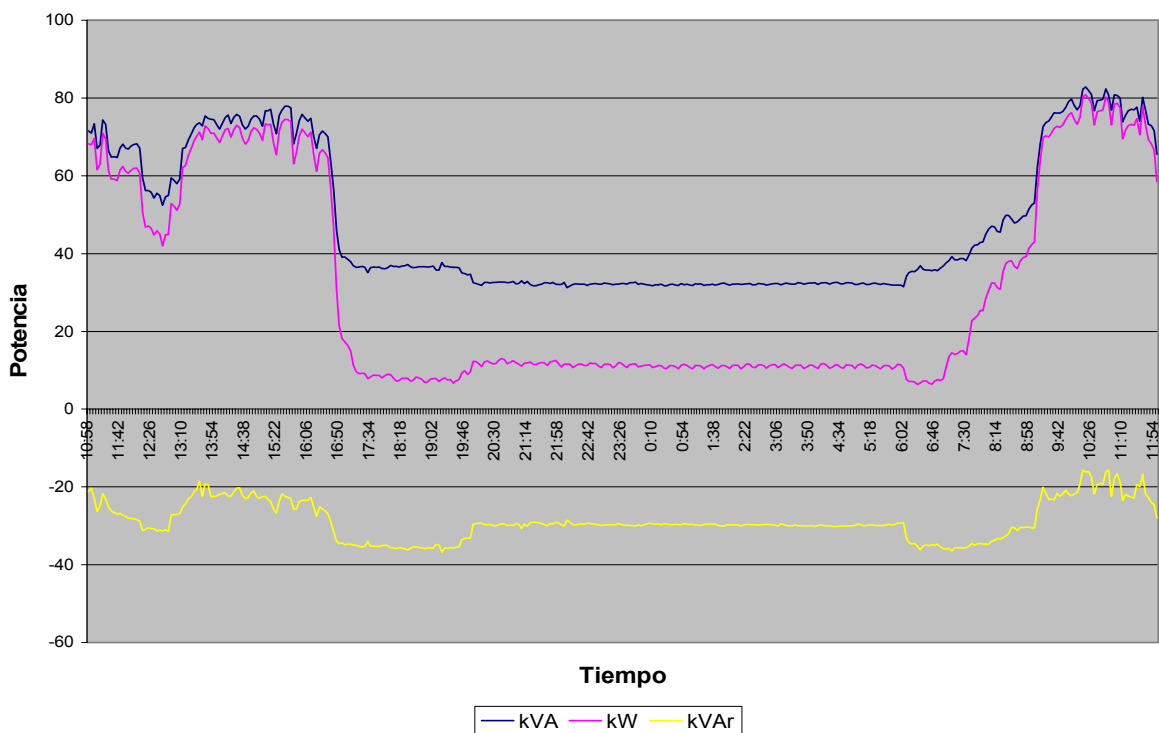


Fig. 2.2.2.1 Diagrama de Potencia vs. Tiempo

En el caso del comportamiento de la corriente de cada uno de las fases se acentúa un desequilibrio en la fase c, en la cual durante todo el periodo de baja carga alcanza 32 A con una variación de un 28% con respecto a lo valor promedio de 44A entre la fase a y b. (Ver la figura 2.2.2.2)

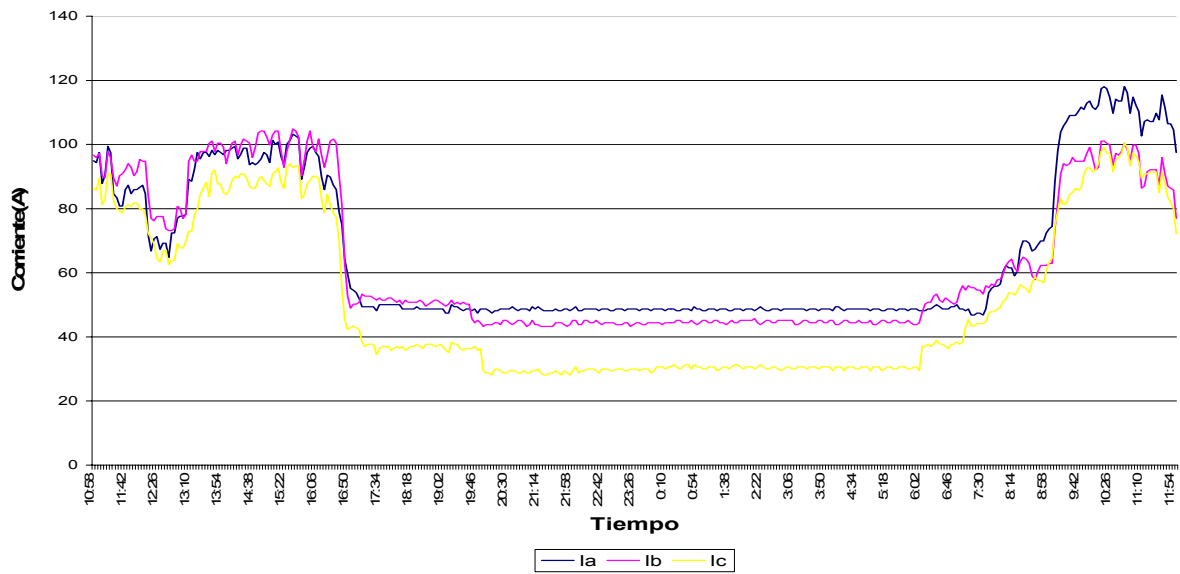


Fig. 2.2.2.2 Diagrama de Corriente vs. Tiempo

La tensión en este circuito posee un valor promedio de 452.13 V lo que indica una variación promedio de 3% con respecto al valor nominal de 440 V. Lo anterior representa que no existe dificultad en el comportamiento de este variable. (Ver figura 2.2.2.3)

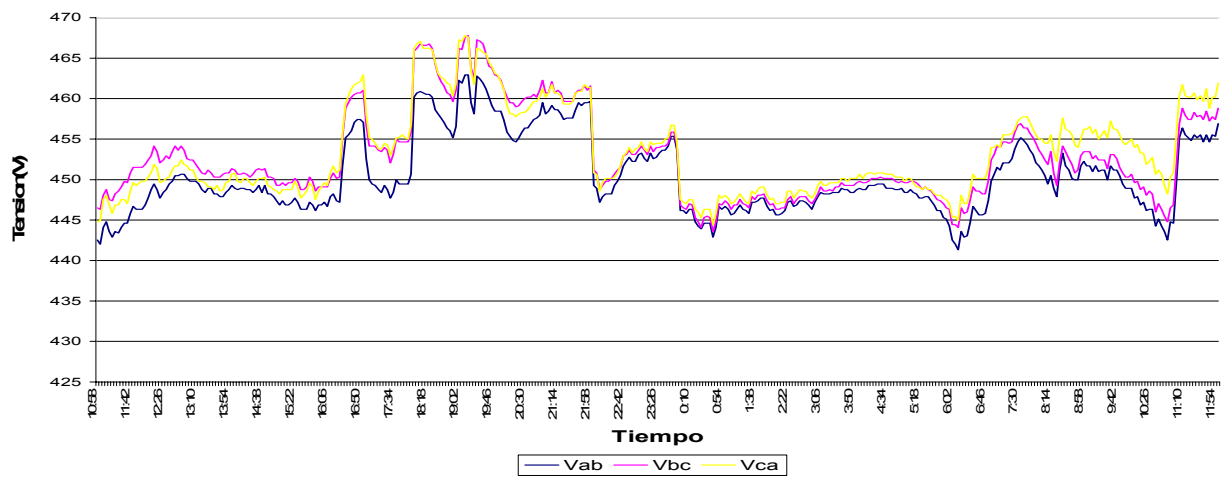


Fig. 2.2.2.3 Diagrama de Tensión vs. Tiempo

La Distorsión Total Harmónica de corriente (**THDI**) no supera al 30%, se mantiene un valor promedio de 9.5% para la fase a, 12.6% para la fase b y un 16% para la fase c. En el horario de mínimo carga, se acentúa el THDI en la fase c a valores superiores al 20% como promedio. (Ver figura 2.2.2.4)

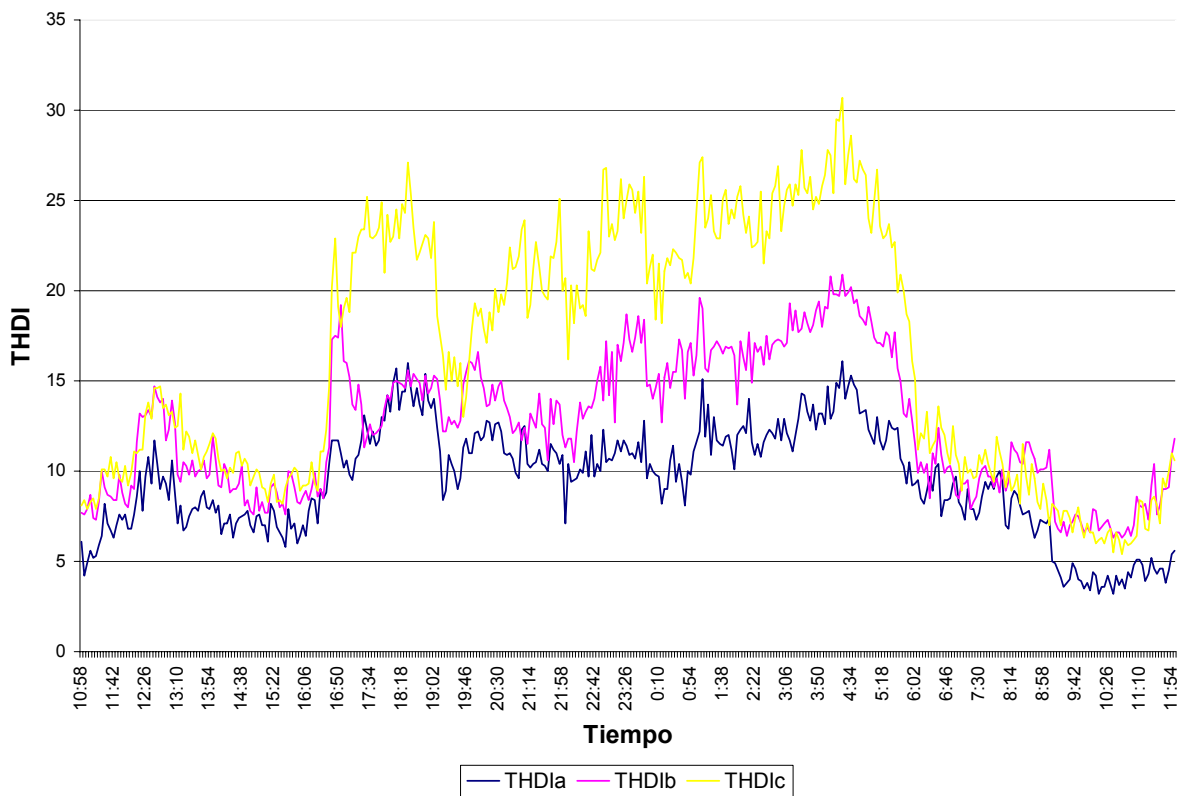


Fig. 2.2.2.4 Diagrama de THD_i vs. Tiempo

En la Distorsión Armónica de Tensión (**THD_v**) no existe parámetros fuera de norma manifestándose entre las 3 fases en 1.5%, lo cual no es significativo. (Ver figura 2.2.2.5)

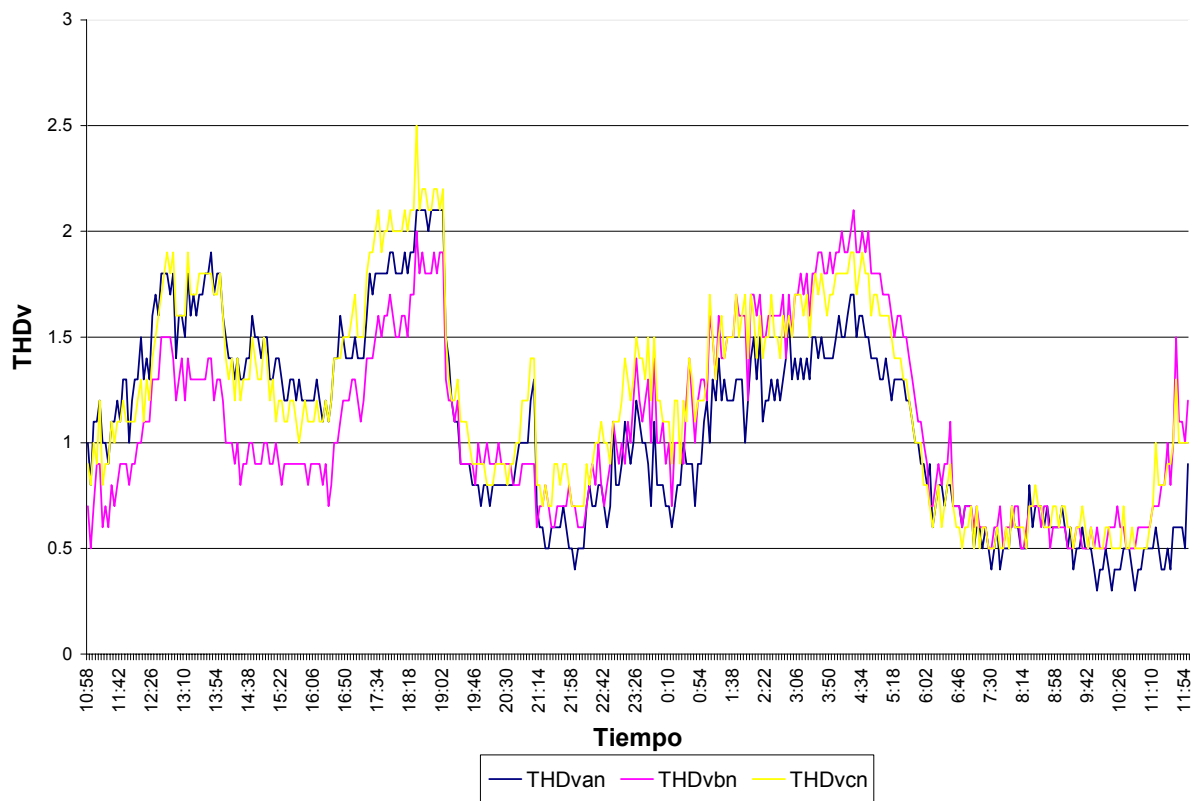


Fig. 2.2.2.5 Diagrama de THD_v vs. Tiempo

2.2.3 Resumen de los consumos de energía de las mediciones realizadas.

En el interruptor 1 se puede observar que hay un consumo entre el 30 y 40% como promedio de la energía total que consume la empresa. A pesar de todo esto se debe revisar los aspectos relacionados con la sobre compensación de la potencia reactiva. Lógicamente el otro 60% del consumo de potencia activa se presenta en el otro ramal principal. A continuación se muestran los resultados estadísticos.

Tabla 2.2.3.1 Resumen del consumo en la salida del Transformador Principal

Consumo	P	Q	S
Energía	990.823Kwh	-361.484 kVArh	1131.279kVAh
Promedio	40.387kW	-14.734kVAr	46.112kVA
Valor Pico	84.847kW	34.314kVAr	91.695kVA
Horario Pico	6/8/2006 10:52	6/8/2006 10:52	6/8/2006 10:52

Tabla 2.2.3.2 Resumen del consumo en el Interruptor 1

Consumo	P	Q	S
Energía	371.967 kWh	425.817 kVArh	571.072 kVAh
Promedio	16.172 kW	18.514 kVAr	24.829 kVA
Valor Pico	23.239 kW	30.775 kVAr	37.023 kVA
Hora Pico	6/14/2006 20:52	6/14/2006 11:00	6/14/2006 11:00

Tabla 2.2.3.3 Resumen del consumo en el interruptor 2

Consumo	P	Q	S
Energía	794.69Kwh	-721.701 kVArh	1194.749 kVAh
Promedio	31.703kW	-28.792 kVAr	47.663 kVA
Valor Pico	80.801kW	0kVAr	82.859 kVA
Horario Pico	16/06/2006 10:18	15/06/2006 10:58	16/06/2006 10:18

Los valores promedios siempre representan un valor consistente de cómo se manifiestan las magnitudes, es por tanto que se muestran en la siguiente tabla para los análisis emergentes que se pretendan realizar del sistema.

Tabla 2.2.3.4 resumen de los valores promedios de las distintas magnitudes eléctricas.

Magnitudes	Transformador Principal	Interruptor 1	Interruptor 2
S	46.1	24.83	47.66
P	40.39	16.17	31.70

Q	-14.73	18.51	-28.79
FP	-0.74	0.64	-0.55
V	452.80	452.32	452.13
I	58.59	31.53	60.68
THDv	1.01	1.59	1.13
THDI	15.94	10.26	12.88

2.4 Distribución de los transformadores y las pérdidas asociadas

El sistema de suministro eléctrico “Las Camariocas” esta compuesto por un transformador de fuerza que distribuye para los distintos ramales. Por debajo del transformador de fuerza existe un total de 11 transformador de fuerza dos de ellos transforman de 440 V a 380 V y los restantes a 220 V. Esta cantidad de transformadores provocan pérdidas por transformación que inciden en el resultado final de la facturación eléctrica. En la siguiente tabla aparece la relación de todos los transformadores del sistema en el cual se puede observar cada uno de ellos y el valor aproximada de las pérdidas tomando como base el nivel de carga promedio. (Ver tabla 2.3.1).

Tabla 2.3.1 Parámetros de carga de los transformadores de distribución

Local	Sn	Tension	Pfe	Pcu	K	Srealpromedio	Perdidas al año(kWh)	Importe
T.Principal	630	13800/440	1.531	7.736	0.07	47	13789	1061.73
Plantas	25	440/220	0.230	0.553	0.60	15	3759	289.42
T.Automotor	25	440/220	0.230	0.553	0.20	5	2209	170.06
T. Mec. Central(1)	25	440/220	0.230	0.553	0.16	4	2139	164.69
T. Mec. Central(2)	160	440/380	0.510	2.150	0.10	16	4656	358.51
Admon	25	440/220	0.230	0.553	0.60	15	3759	289.42
Almacen 40(1)	25	440/220	0.230	0.553	0.16	4	2139	164.69
Almecen 40(2)	160	440/380	0.510	2.150	0.06	9	4527	348.59
Taller Eléctrico(1)	25	440/220	0.230	0.553	0.12	3	2085	160.51
Taller Eléctrico(2)	25	440/220	0.230	0.553	0.80	20	420	32.37
Laboratorio	25	440/220	0.230	0.553	0.12	3	2085	160.51
ESUNI y Refrigeracion	25	440/220	0.230	0.553	0.08	2	2046	157.53

En la factura eléctrica solo se refleja claramente las perdidas por transformación en el caso del transformador principal. Las perdidas inherentes al trabajo de los demás transformador se cuantifican

como consumo de energía activa. Las pérdidas de los 11 transformadores de distribución tienen un valor estimado anual de 29.822 MWh. Para cada transformador se evaluaron las condiciones específicas de tiempo de trabajo y factor de carga. Estas pérdidas anuales suman un total de \$2296.31 CUC lo cual representa por ejemplo el 6% del importe total de la electricidad en el año 2005.

A continuación se propone la variante de eliminar 3 transformadores del sistema de distribución:

- Transformador de 25kVA (440/220) que alimenta el Taller Automotor el cual por su estado de carga puede conectarse al otro transformador de 25 kVA de la subestación 7RP el cual tiene potencia disponible.
- Eliminar el transformador de 25kVA (440/220) que alimenta al Laboratorio, Planta telefónica y Grupo de Ingeniería y alimentar estas cargas desde el transformador de 25kVA (440/220) del Almacén 40.
- Eliminar el transformador de 25kVA que alimenta los Talleres de ESUNI y alimentar esas cargas desde el transformador de 25kVA (440/220) que alimenta la maquinaria y alumbrado del Taller Eléctrica.

Estas tres medidas disminuye en 6.3 MWh el consumo de energía eléctrica anual representando unos \$488.10 CUC, considerando el precio del kWh en \$0.077 CUC.

2.4 Cálculo de los dos interruptores principales y la de la salida del transformador

Teniendo en cuenta que no existe interruptor principal para el sistema de suministro eléctrico y que los interruptores de los 2 ramales principales están sobredimensionados en valores de 500A, se procede a presentar los cálculos correspondientes a partir de las mediciones realizadas y de las condiciones reales de explotación de los distintos circuitos. Considerando el resultado más alta de las corrientes promedio recogido en los distintos tiempos empleamos el uso del formula siguiente:

$$I_B = 2.5 * I_n * F.D \quad (2.2)$$

Donde:

I_B : Corriente interruptiva del interruptor

I_n : Corriente nominal (considerando la corriente promedio más alta registrada).

$F.D$: El factor de demanda (considerando un valor de 0.6)*

Salida del transformador principal

$$I_B = 2.5 * I_n * F.D$$

$$I_B = 2.5 * 115.6 * 0.6 \quad I_n = 115.6 \text{ A}$$

$$I_B = 173.4 \text{ A}$$

Salida del Interruptor principal del ramal 1

$$I_B = 2.5 * I_n * F.D$$

$$I_B = 2.5 * 46.57 * 0.6 \quad I_n = 46.57 \text{ A}$$

$$I_B = 69.86 \text{ A}$$

Salida del Interruptor principal del ramal 2

$$I_B = 2.5 * I_n * F.D$$

$$I_B = 2.5 * 106.27 * 0.6 \quad I_n = 106.27 \text{ A}$$

$$I_B = 159.4 \text{ A}$$

* Como $F.D$ depende de los índices fundamentales del régimen de trabajos de los receptores y el número efectivos de ellos, se emplea el uso de un manual lo cual magnitud puede auxiliar entre el 0.1 y un 0.8.

Ahora a observar los resultados calculados para los interruptores que deben estar en el sistema, se considera los siguientes.

- Para salida del transformador principal se propone un interruptor de capacidad interruptiva de 175 A y 185 A teniendo en cuenta que la carga en el sistema es variable.
- A salida del ramal principal 1 debe colocarse un interruptor de 70 A ó un 75 A.
- En el caso del Interruptor principal del ramal 2 a partir de los cálculos realizados es necesario para la protección del circuito un interruptor de capacidad corriente interruptiva de 160 A ó 180 A.

CAPITULO III

Valoración Técnico Económico (Plan de Medidas)

Introducción

Después de realizar cualquier estudio energético se impone presentar las distintas medidas que permitan mejorar la explotación del sistema analizado. En este caso el resultado centra en el sistema de distribución de energía eléctrica, para ello quedan propuestas las siguientes medidas.

3.1 Medidas para resolver los problemas

Medidas organizativas

1. Diseñar e implementar un sistema de información energética con el cual se controlen el consumo de los portadores energéticos que permita realizar y facilite el tratamiento de la información.
2. Eliminar los Tres (3) transformadores de 25 kVA que se analizaron en el capítulo anterior lo cual permite un ahorro anual de 6.3MW y \$488.10 CUC.
3. Capacitar al personal en temas relacionados con la gestión energética, fundamentalmente a directivos y trabajadores con acción directa en los equipamientos y locales de mayor consumo energético.

Medidas de pequeña inversión

1. Sustituir los interruptores de 500 A de las dos ramas principales por otros con una capacidad interruptiva acorde con el comportamiento actual y futuro de las cargas. Esto permite proteger el sistema contra sobrecarga lo cual no es posible en las condiciones actuales. Uno de estos interruptores está en mal estado. Incluir además un interruptor principal para todo el sistema. Al aplicar esta medida es recomendable crear una pizarra de distribución general que sustituya la actual con gran deterioro. (ver anexo 5)
2. Conectar un capacitor fijo de valor cercano a 36,72 kVAr para la compensación global de potencia reactiva en el sistema. Este resultado se obtiene a partir de los cálculos realizados utilizando la tabla 1.4.4 en la cual están los factores para multiplicar la potencia activa teniendo en cuenta el FP inicial de 0.8 y final de 0.96. En las condiciones actuales existe una sobre compensación constante. El ramal principal 1 presenta la potencia reactiva superior a la potencia activa. Compensar correctamente el sistema disminuye el pago anual por concepto de bonificación por buen factor de potencia en unos \$7000.00 CUC aproximadamente a la vez que mejora los parámetros de potencia.

3. Organizar un programa de inspección energética durante todo el año que permita verificar el funcionamiento de los sistemas de suministro eléctrico de manera general y el comportamiento de los consumos de los portadores energéticos.
4. Colocar contadores de energía en los circuitos ramales principales o en las diferentes áreas que permitan obtener información para el establecimiento de los índices de consumo de electricidad por cada actividad y así poder determinar con precisión el índice de la empresa.

Medida de Gran Inversión

1. Compensar de forma global la potencia reactiva del sistema mediante la implantación de un capacitor con regulación automática.

Conclusiones Generales

1. Se propone el índice económico energético de la electricidad (kWh/CUC), el cual indica la cantidad de kWh que se consumen para generar \$1,00 CUC de ingreso teniendo en cuenta todos los servicios.
2. El sistema de suministro eléctrico para las condiciones actuales presenta una demanda máxima entre los 80 y 90 kW. Desde las 5:00 PM hasta las 6:00 AM del próximo día el sistema presenta un bajo consumo de potencia activa y prácticamente constante entre 20 y 30 kW.
3. En los nodos principales del sistema eléctrico no se presentan variaciones significativas de la tensión, alcanzando la variación máxima del 7%. La distorsión total armónica de corriente y de tensión no superan los valores permisibles comportándose en valores máximos de 40% y 2,5% respectivamente. Se manifiestan desequilibrios en el consumo de corriente acentuándose en el horario de mínima carga, estos valores no superan los 15 amperes.
4. En el nodo principal del sistema de suministro eléctrico existe una sobre compensación constante de la potencia reactiva que alcanza el valor promedio de 14,73 kVAr.
5. No existe un interruptor principal para el sistema eléctrico, y los existentes en los dos ramales principales sus parámetros nominales de 500A superan en más de 2,5 veces la corriente interruptiva actual.

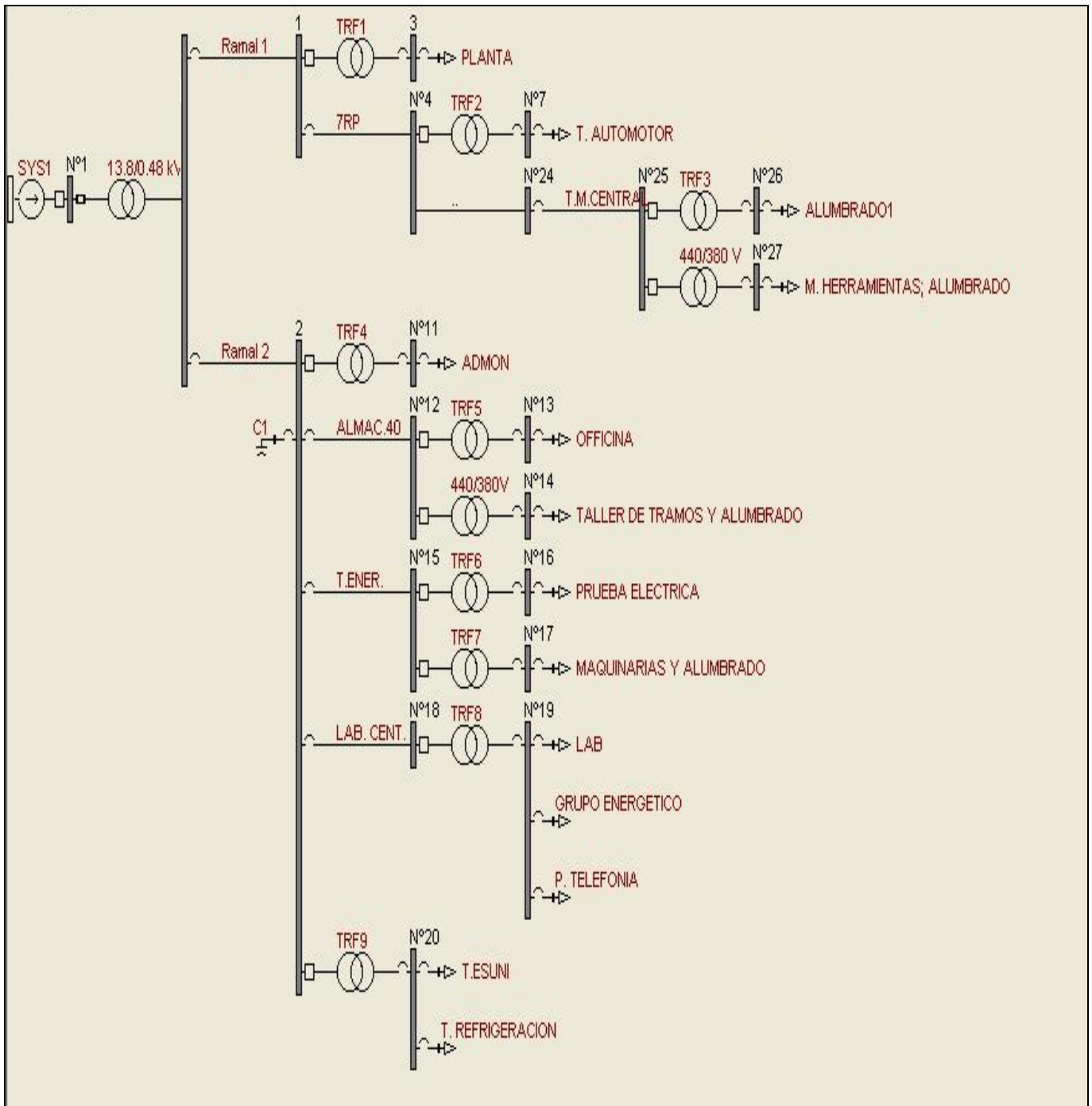
Recomendaciones

1. Realizar un estudio de todos los portadores energéticos de la empresa que permita no solo establecer los índices económicos energéticos con precisión, sino además, los índices de consumo ya sea de manera individual por tipo de actividad o de manera global teniendo en cuenta la producción o servicios equivalentes.
2. Aplicar las medidas que se proponen en este trabajo y tomar los resultados como punto de partida para acciones futuras.
3. Contratar un Diagnostico Energético de la empresa que permita abordar con mayor profundidad y de forma multidisciplinaria la temática energética.

Bibliografía

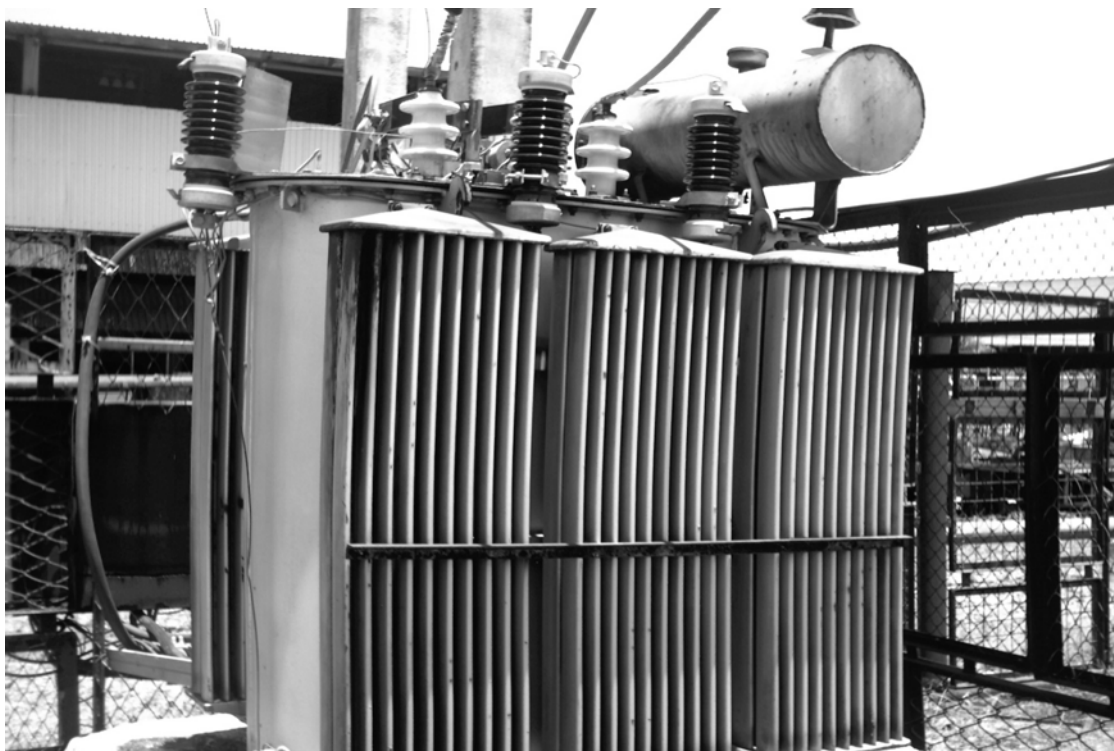
1. A. A. Feodorov y Eduardo Rodríguez López. Suministro Eléctrico de Empresas industriales. La Habana 1980.
2. WWW. Ciger.edu.cu./Artículos/Eficiencia Energética/ucl./2df/.
3. Borroto Nordelo. A. Gestión energética empresarial; CEEMA, PAEC. Universidad de Cienfuegos, 2001, Pág 81.
4. Bradiansky V.M. El Método Energético y sus Aplicaciones. Editorial Energía Atómica. Moscú. 1988. 247 Pág.
5. Cabrera Gorrin, Osmel. Implementación de la TTGEE en el Hotel Unión. Trabajo de Diploma. Tutor Año 2001.
6. Campos Avella, Juan. C., Dorta, Rafael. La eficiencia energética en la gestión empresarial. Editorial Contactos Mundiales. CEEMA, 91 Pág.
7. Jorge L. Gironella Fernández, Germán M. Pérez García, Ricardo Hidalgo Valdes. Protecciones Eléctricas en sistemas Industrial. La Habana 1987. pág. 327
8. Leonardo Casas Fernández. Sistemas Electro energéticos Tomo y Tomo II. Ispaje 1991. Pág.200
9. Maikel Dionisio Gutiérrez Barrera y Maikel Ochoa Peña (2005). Diagnostico Energético Ambiental del ISMM. (Trabajo de Diploma).
10. Monteagudo, José. Implementación de TGTEE en el Hotel Unión. Tesis de diploma. Tutor. 2002. 50 Pág.
11. Ramos Niembro, Gaudencio. Variables que influyen en el consumo de energía eléctrica. Boletín enero-febrero. 1999. Pág. 11-27

ANEXO 1 La Esquema General de la Empresa UPI “Las Camariocas”



Los transformador nombrar TRF1 Hasta TRF9 son transformadores con características similares: 440/220V con una Potencia de 25kVA.

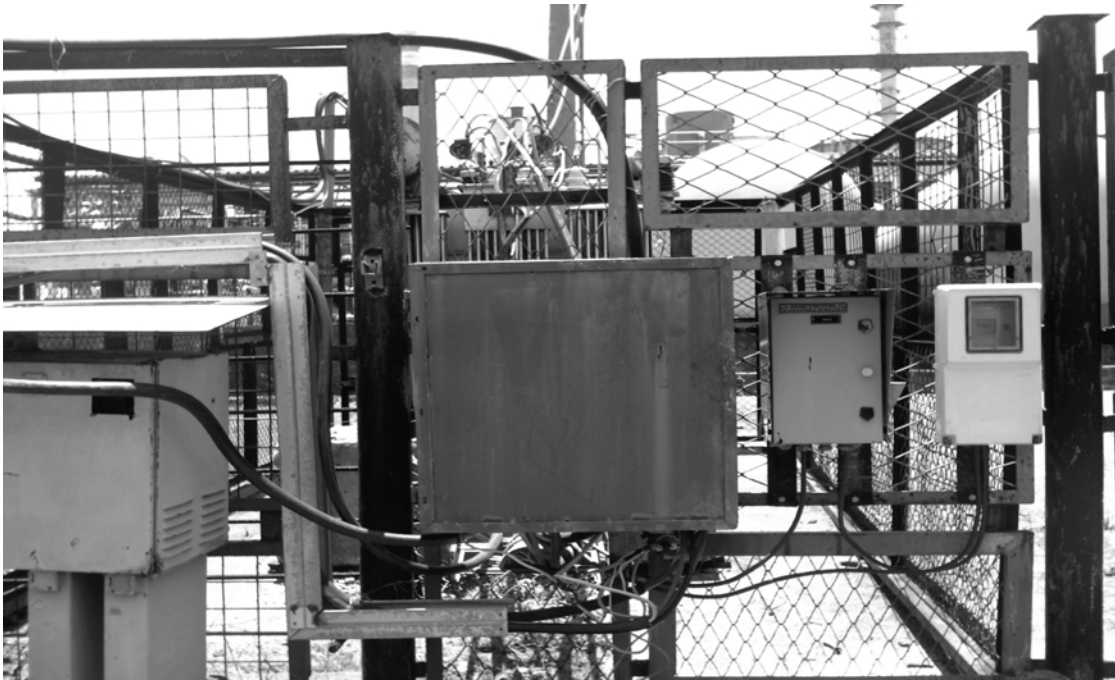
ANEXO 2 Parte primaria del transformador Principal estudiado



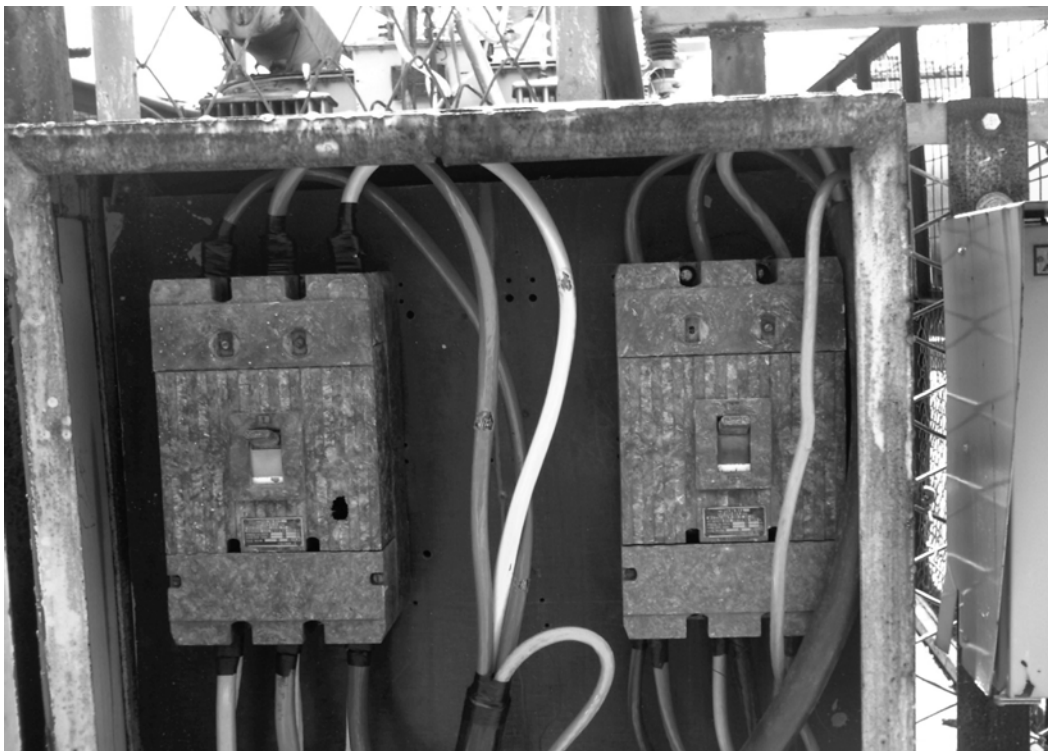
ANEXO 3 Parte secundario del transformador Principal estudiado



ANEXO 4 Salida del transformador con los componentes instalado, izquierda a derecha; banco de condensador (no están conectado), caja con los interruptores principales, pizarra, contador digital.



ANEXO 5 Interruptores principales 1 y 2



ANEXO 6 Contador Digital



ANEXO 7 Fusibles que protejan a la parte alta del transformador



ANEXO 8 Datos relacionado al Consumo Histórico de Energía Eléctrica en las instalaciones principales de la empresa.

MES	kWh	INGRESOS	kWh/CUC	Prom kWh	Prom+	Prom-	Prom	Prom+	Prom-	Prod	IC
		(CUC)			3DesvStd	3desvStd	IC	3DesvStd	3DesvStd		

Jan-04	36460	21900	1.6648	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	1,000,000	0.088
Feb-04	44230	37700	1.1732	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	1,100,000	0.085
Mar-04	40910	31000	1.3197	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	1,200,000	0.081
Apr-04	52510	53500	0.9815	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	1,300,000	0.079
May-04	39450	53200	0.7415	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	1,400,000	0.076
Jun-04	34440	76500	0.4502	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	1,500,000	0.074
Jul-04	33580	28000	1.1993	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	1,600,000	0.073
Aug-04	25450	84100	0.3026	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	1,700,000	0.071
Sep-04	33580	11300	2.9717	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	1,800,000	0.070
Oct-04	32350	27400	1.1807	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	1,900,000	0.068
Nov-04	26250	31000	0.8468	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	2,000,000	0.067
Dec-04	24410	51200	0.4768	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	2,100,000	0.066
Jan-05	22560	47400	0.4759	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	2,200,000	0.065
Feb-05	29670	18900	1.5698	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	2,300,000	0.065
Mar-05	28880	50200	0.5753	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	2,400,000	0.064
Apr-05	25960	31100	0.8347	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	2,500,000	0.063
May-05	24070	30800	0.7815	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	2,600,000	0.062
Jun-05	28210	36600	0.7708	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	2,700,000	0.062
Jul-05	24190	60500	0.3998	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	2,800,000	0.061
Aug-05	28130	34100	0.8249	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	2,900,000	0.061
Sep-05	30390	40400	0.7522	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	3,000,000	0.060
Oct-05	28690	41100	0.6981	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	3,100,000	0.060
Nov-05	28310	44200	0.6405	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	3,200,000	0.059
Dec-05	29250	67900	0.4308	31330.42	52887.66	9773.17	0.92	2.62	-0.79	3,300,000	0.059

Promedio	31330.42	Promedio IC	0.9193
Desv.Std.	7185.75	Desv.Std. IC	0.5686
Valor máximo	52887.66	Valor máximo	2.6250
Valor mínimo	9773.17	Valor mínimo	-0.7864
% E. No Asoc.	0.26		

ANEXO 11

Datos del consumo total del Transformador principal durante el transcurso de un 24 horas

Hora	S3ø	P3ø	Q3ø	Vab	Vbc	Vca	Ia	Ib	Ic	F.P	THD Van	THD Vbn	THD Vcn	THD Ia	THD Ib	THD Ic
9:28	78.5	77.2	-13.6	450.1	450.8	450.7	91.4	106.1	103.2	-1.0	0.8	0.7	0.7	4.7	9.5	6.3
9:32	81.2	80.2	-12.0	450.1	450.7	451.0	94.6	109.9	106.4	-1.0	0.7	0.7	0.5	5.1	8.2	6.0
9:36	74.6	72.9	-9.3	450.7	451.4	451.2	85.0	101.0	99.4	-1.0	1.0	1.2	0.7	5.2	10.1	7.2
9:40	74.5	72.7	-9.8	449.8	450.8	450.1	83.1	99.1	103.2	-1.0	0.7	1.0	0.6	5.9	10.1	6.6
9:44	79.5	78.2	-7.6	449.8	451.2	450.1	89.5	103.6	111.6	-1.0	0.6	0.6	0.6	4.0	8.6	6.2
9:48	79.5	78.3	-6.9	449.1	449.8	449.5	89.5	104.2	111.6	-1.0	0.5	0.7	0.6	5.6	9.7	6.3

9:52	79.9	78.7	-5.9	448.6	449.1	448.4	87.6	106.1	114.1	-1.0	0.6	0.7	0.6	3.6	8.4	5.8
9:56	79.3	78.1	-7.3	447.6	448.1	448.2	88.8	108.0	109.0	-1.0	0.4	0.7	0.6	3.6	7.8	6.1
10:00	64.8	62.8	-14.7	448.8	450.1	450.0	72.2	88.3	88.5	-1.0	0.5	0.7	0.5	4.4	13.2	9.1
10:04	62.9	60.8	-15.3	451.4	453.1	452.6	69.0	85.1	85.9	-1.0	0.4	0.7	0.6	5.9	11.5	8.2
10:08	67.2	65.7	-13.8	450.8	452.6	452.7	77.3	88.3	91.1	-1.0	0.4	0.6	0.5	3.6	11.7	8.4
10:12	64.6	63.0	-14.2	452.2	454.0	453.8	75.4	85.1	85.3	-1.0	0.5	0.8	0.5	5.4	10.7	9.0
10:16	66.4	64.9	-13.8	451.9	453.1	453.1	76.1	92.1	85.3	-1.0	0.5	0.7	0.5	4.1	10.0	8.3
10:20	65.8	64.4	-6.8	450.8	451.9	452.0	75.4	90.2	85.9	-1.0	0.4	0.6	0.4	3.2	10.5	7.1
10:24	68.9	68.5	4.0	450.8	451.9	452.0	79.9	92.8	91.1	1.0	0.6	0.7	0.5	4.7	10.4	7.4
10:28	70.3	69.5	6.5	456.2	456.7	457.1	79.3	97.2	89.8	1.0	0.6	0.8	0.5	5.0	9.3	6.6
10:32	68.7	67.8	-10.9	455.5	456.4	456.0	78.0	92.8	89.1	-1.0	1.1	0.9	0.6	7.0	12.5	8.7
10:36	62.5	61.3	-12.0	456.0	457.2	456.5	72.2	83.2	80.8	-1.0	0.8	0.9	0.5	6.3	11.7	8.8
10:40	65.7	64.5	-11.9	455.2	456.4	456.0	72.2	91.5	85.3	-1.0	0.9	0.7	0.7	6.4	10.9	7.3
10:44	72.0	71.2	-6.0	457.2	459.0	459.0	77.3	99.1	94.9	-1.0	0.7	0.8	0.5	5.2	9.6	7.2
10:48	81.1	79.1	17.6	458.1	460.2	460.5	88.8	108.0	107.7	1.0	0.7	0.7	0.5	3.7	7.4	5.7
10:52	91.7	84.9	34.3	455.5	457.2	457.6	101.0	122.6	123.1	0.9	0.8	0.7	0.5	4.4	9.1	6.0
10:56	84.5	77.1	34.1	455.0	456.4	456.9	92.0	112.5	115.4	0.9	0.7	0.7	0.4	4.7	8.9	5.3
11:00	85.3	78.4	33.3	454.6	455.9	456.9	93.3	113.1	116.7	0.9	0.7	0.6	0.5	3.2	7.8	5.3
11:04	75.6	71.8	22.9	455.7	456.9	457.6	81.8	102.3	102.0	1.0	0.8	0.8	0.5	6.2	11.4	6.7
11:08	70.1	67.4	18.4	455.5	457.2	457.1	73.5	95.9	96.2	1.0	0.9	0.7	0.8	5.1	11.3	6.7
11:12	74.5	71.5	-1.1	455.5	457.9	457.6	81.8	95.9	103.9	-1.0	0.8	0.9	0.5	6.5	13.1	8.6
11:16	67.9	67.2	-4.7	457.1	459.1	459.1	76.1	88.9	91.1	-1.0	0.6	0.8	0.6	5.5	11.6	7.8
11:20	70.0	69.0	-2.1	452.4	455.0	454.6	77.3	91.5	97.5	-1.0	0.8	0.9	0.7	4.9	10.2	8.5
11:24	70.8	70.2	-1.2	452.9	455.3	454.8	78.0	91.5	98.8	-1.0	0.7	0.7	0.6	5.5	11.4	7.1
11:28	71.2	70.5	9.7	454.5	456.9	456.0	78.0	93.4	98.1	1.0	0.7	0.7	0.5	4.4	8.9	6.0
11:32	69.7	69.1	-2.5	454.6	456.9	456.4	76.1	90.9	96.2	-1.0	0.7	0.7	0.5	5.9	11.7	6.9
11:36	65.9	65.3	-2.1	455.2	457.8	456.9	72.9	83.2	93.0	-1.0	0.7	0.9	0.6	5.5	12.9	8.8
11:40	66.6	65.6	-1.7	455.7	457.4	456.9	74.1	88.9	89.1	-1.0	0.7	0.9	0.6	5.8	12.9	10.0
11:44	60.6	58.7	-14.1	457.2	459.0	459.0	69.7	82.6	75.7	-1.0	0.7	0.9	0.6	6.0	12.7	11.3
11:48	56.1	53.6	-15.6	457.6	459.1	459.1	65.2	75.6	70.5	-1.0	0.7	1.0	0.6	6.2	15.8	11.8
11:52	62.0	60.7	-4.2	456.7	458.5	457.9	68.4	78.1	86.6	-1.0	0.7	0.9	0.6	6.0	12.6	9.6
11:56	60.3	58.6	-13.7	457.6	459.5	459.5	69.7	78.8	78.2	-1.0	0.8	1.0	0.6	7.3	15.4	11.8
12:00	55.1	52.3	-16.5	460.2	462.3	462.4	63.9	73.1	69.2	-1.0	0.9	1.1	0.7	10.2	17.0	12.7
12:04	52.5	49.0	-17.9	462.6	465.0	464.9	59.4	71.1	64.7	-0.9	0.9	1.1	0.6	10.9	17.7	13.3
12:08	52.6	48.8	-19.0	462.6	465.4	465.5	58.8	72.4	64.1	-0.9	0.9	1.2	0.8	10.7	16.9	14.7
12:12	52.8	49.5	-17.5	462.4	464.5	464.5	59.4	73.7	63.5	-0.9	1.0	1.3	0.8	12.1	17.7	14.6
12:16	52.2	48.8	-18.2	463.5	465.5	464.9	58.2	70.5	65.4	-0.9	0.9	1.1	0.7	11.1	16.8	13.3
12:20	53.7	50.4	-18.2	464.0	465.9	465.0	60.1	71.1	68.0	-0.9	1.0	1.2	0.8	10.6	17.5	11.7
12:24	55.0	51.8	-18.3	464.2	466.6	465.5	59.4	71.1	73.7	-0.9	1.0	1.3	0.9	10.9	17.3	11.6
12:28	57.1	54.3	-17.3	464.5	466.6	465.9	61.3	75.6	74.4	-1.0	0.9	1.2	0.9	9.3	16.0	12.0
12:32	54.6	52.2	-15.6	460.9	462.9	461.7	58.8	74.3	71.2	-1.0	1.0	1.2	0.8	11.1	18.4	11.4
12:36	53.0	50.2	-16.4	457.1	459.5	458.1	58.2	71.8	69.2	-0.9	0.9	1.2	0.8	11.2	16.8	11.4
12:40	52.6	49.0	-18.7	458.8	461.0	459.5	56.9	73.7	67.3	-0.9	1.1	1.1	0.7	12.1	18.0	12.0
12:44	51.3	48.8	-15.4	458.6	460.7	459.5	56.2	70.5	66.0	-1.0	1.2	1.1	0.9	12.1	15.8	11.2
12:48	54.6	51.8	-16.6	458.6	461.0	459.7	60.7	73.7	70.5	-0.9	1.1	1.1	0.8	11.2	16.8	10.9
12:52	50.2	46.8	-17.9	459.7	461.7	461.2	58.8	66.1	62.8	-0.9	1.3	1.2	1.0	11.7	17.2	13.5
12:56	51.9	48.4	-18.0	459.8	461.6	460.9	61.3	70.5	62.8	-0.9	1.3	1.3	1.0	12.5	17.3	13.3
13:00	50.6	46.9	-17.8	463.5	465.0	464.0	55.6	68.6	63.5	-0.9	1.1	1.0	0.8	13.2	16.6	11.3
13:04	50.8	46.7	-17.8	453.4	455.0	453.6	56.9	69.9	66.7	-0.9	1.0	1.0	0.8	9.9	15.8	11.5

13:08	53.6	50.1	-17.8	451.7	452.9	452.6	61.3	76.2	67.3	-0.9	0.9	0.9	0.7	7.8	13.8	13.2
13:12	53.7	50.1	-18.7	451.2	452.4	452.6	63.9	74.3	66.7	-0.9	1.1	1.0	0.8	8.2	15.0	12.2
13:16	61.9	59.6	-8.0	450.1	451.5	451.0	72.9	85.8	78.2	-1.0	0.9	0.9	0.8	6.0	10.4	9.3
13:20	70.3	68.9	-7.9	449.3	450.7	450.1	81.8	98.5	89.8	-1.0	1.0	0.9	0.8	5.3	10.1	9.8
13:24	76.8	75.3	-8.2	449.1	449.8	449.3	86.3	111.8	97.5	-1.0	1.0	0.9	0.8	4.7	7.3	7.4
13:28	79.0	77.6	-7.1	449.1	449.8	449.5	86.3	115.0	102.0	-1.0	0.9	0.7	0.8	4.7	6.5	7.5
13:32	79.4	77.9	-7.2	449.1	450.1	449.3	85.7	116.9	102.6	-1.0	0.9	0.8	0.8	4.1	7.6	7.2
13:36	80.2	78.8	-13.3	451.2	451.9	450.1	87.6	117.6	102.0	-1.0	1.2	0.9	1.0	5.3	7.8	8.4
13:40	76.4	75.0	-8.6	452.4	452.6	451.0	83.7	111.8	96.2	-1.0	1.0	0.7	1.0	6.9	9.3	7.8
13:44	75.4	73.9	-8.5	451.9	452.0	450.7	83.1	111.2	94.3	-1.0	1.5	1.1	1.1	7.4	8.7	9.4
13:48	83.5	82.8	1.6	450.3	450.3	448.9	94.0	120.1	106.4	1.0	0.8	0.8	0.6	5.8	7.6	8.2
13:52	83.0	82.1	1.1	450.1	450.1	448.8	93.3	119.5	105.8	1.0	1.0	0.9	0.8	4.0	7.4	7.9
13:56	81.2	80.4	2.1	450.8	451.2	449.5	90.8	115.0	105.8	1.0	1.3	1.1	1.0	4.8	7.5	7.6
14:00	83.5	82.6	-3.8	450.7	450.8	449.5	94.6	118.2	107.7	-1.0	0.9	0.8	0.7	4.4	7.3	6.9
14:04	80.6	79.7	0.5	449.8	450.1	449.3	91.4	113.7	103.9	1.0	1.0	0.9	0.9	4.9	7.1	7.6
14:08	82.7	81.9	2.8	449.1	449.8	449.3	94.6	118.2	105.2	1.0	0.9	0.8	0.7	3.0	7.4	8.4
14:12	79.3	78.4	-4.2	448.6	449.6	448.9	89.5	116.3	98.8	-1.0	1.1	0.8	0.9	4.8	7.5	8.4
14:16	79.7	78.8	-5.0	449.1	450.1	449.8	89.5	115.6	100.7	-1.0	1.2	0.9	1.0	5.3	9.4	9.9
14:20	70.0	68.8	-5.0	450.1	451.4	451.2	77.3	102.3	87.8	-1.0	0.9	0.6	0.8	4.2	8.5	9.1
14:24	79.3	78.2	-4.8	449.6	450.7	450.1	88.8	116.9	98.1	-1.0	1.1	0.8	1.0	5.3	6.9	8.9
14:28	79.4	78.4	-4.8	447.7	449.1	448.9	89.5	116.3	100.0	-1.0	1.1	0.9	1.0	5.7	7.5	9.8
14:32	81.0	80.0	-5.5	448.1	449.6	449.3	91.4	118.8	101.3	-1.0	0.8	0.6	0.7	3.7	7.9	8.4
14:36	78.7	77.7	0.5	447.6	448.8	448.8	88.2	116.3	98.8	1.0	0.7	0.5	0.6	3.7	7.8	8.6
14:40	71.6	69.5	-14.6	448.1	449.6	449.3	81.8	107.4	86.6	-1.0	0.8	0.6	0.6	4.0	8.0	9.9
14:44	78.0	76.4	-8.9	447.7	449.1	448.9	88.8	115.6	95.5	-1.0	0.8	0.5	0.6	4.7	7.8	8.6
14:48	79.0	77.8	-7.5	447.2	448.8	448.8	90.1	115.0	98.8	-1.0	1.0	0.7	0.8	3.3	7.1	7.9
14:52	78.8	77.6	-7.9	446.9	448.2	448.2	88.8	115.6	99.4	-1.0	1.3	0.9	1.0	5.2	6.3	6.9
14:56	77.8	76.8	-0.3	445.5	447.0	446.3	88.2	113.1	99.4	-1.0	1.1	0.6	0.9	4.3	7.7	7.8
15:00	80.7	79.8	-4.3	445.0	446.5	445.6	92.7	116.9	103.2	-1.0	0.8	0.8	0.5	3.4	6.3	7.5
15:04	79.1	78.5	-3.8	444.8	446.3	445.6	90.8	113.7	102.0	-1.0	0.8	0.6	0.6	4.2	7.8	8.5
15:08	79.6	79.1	0.7	444.8	446.5	445.8	92.0	112.5	103.9	1.0	0.7	0.7	0.6	3.4	7.1	7.1
15:12	77.3	76.4	-11.0	446.9	448.2	447.4	87.6	111.2	99.4	-1.0	0.8	0.6	0.5	4.5	8.1	7.4
15:16	79.1	77.8	1.7	446.5	448.8	447.9	91.4	111.2	102.6	1.0	0.6	0.6	0.5	3.4	6.6	6.1
15:20	78.8	77.3	-14.1	447.6	449.6	448.9	91.4	110.6	101.3	-1.0	0.7	0.7	0.5	4.5	7.1	7.6
15:24	77.9	76.7	-12.6	447.7	449.8	449.3	90.8	108.0	100.7	-1.0	0.7	0.7	0.4	3.9	7.4	7.4
15:28	72.4	71.2	-12.0	447.6	449.1	448.8	84.4	101.0	93.0	-1.0	0.6	0.7	0.5	2.6	7.4	7.8
15:32	75.7	75.0	-9.6	446.9	447.9	447.9	87.6	108.0	96.2	-1.0	0.5	0.7	0.4	3.3	7.4	8.0
15:36	77.7	76.9	-10.4	446.5	448.1	448.2	92.0	107.4	100.0	-1.0	0.6	1.0	0.5	4.8	10.0	9.6
15:40	77.4	76.4	-5.1	447.0	448.8	448.9	91.4	106.7	100.0	-1.0	1.1	1.4	1.2	6.1	13.7	11.9
15:44	72.2	70.8	-13.6	453.8	456.2	455.3	85.0	99.1	90.4	-1.0	0.4	0.7	0.6	5.7	11.8	12.2
15:48	70.6	69.1	-13.4	451.2	453.4	453.1	83.1	97.8	88.5	-1.0	0.5	0.7	0.6	5.7	11.5	11.3
15:52	73.2	71.6	-7.8	451.4	453.4	453.6	85.7	102.9	91.1	-1.0	0.8	0.7	0.7	6.6	8.7	10.1
15:56	82.5	81.3	-13.2	450.7	453.1	453.1	95.9	115.0	104.5	-1.0	0.5	0.7	0.7	4.0	10.1	9.8
16:00	84.3	83.2	0.6	450.7	452.4	452.2	99.7	115.6	107.1	1.0	0.5	0.7	0.5	3.7	9.9	8.8
16:04	73.2	71.9	-12.7	450.7	452.9	453.3	85.7	99.1	94.3	-1.0	0.5	0.6	0.5	3.4	9.6	8.4
16:08	76.4	75.3	-12.4	449.8	451.9	453.1	90.8	103.6	98.8	-1.0	0.8	0.7	0.6	6.3	9.7	7.2
16:12	70.8	69.2	-14.1	450.1	452.4	452.7	84.4	94.7	91.7	-1.0	0.4	0.6	0.5	5.2	11.3	10.8
16:16	70.1	68.1	-15.1	450.3	452.4	452.2	83.1	96.6	88.5	-1.0	0.5	0.6	0.6	5.1	11.1	10.7
16:20	68.7	66.5	-15.6	450.7	452.9	452.7	79.9	96.6	85.9	-1.0	0.7	0.7	0.5	5.5	9.6	8.4

16:24	73.8	72.4	-13.7	449.8	452.4	453.1	92.0	95.9	94.3	-1.0	0.8	0.7	0.6	5.6	9.7	8.5
16:28	73.0	71.6	-13.3	450.8	453.1	453.6	90.1	95.9	92.3	-1.0	0.8	0.7	0.6	4.9	10.3	8.9
16:32	69.0	66.9	-15.2	451.2	453.4	454.1	85.7	93.4	83.4	-1.0	0.6	0.7	0.5	4.3	10.8	8.7
16:36	63.6	60.4	-18.8	450.8	453.6	454.1	76.1	89.6	76.3	-0.9	0.5	0.6	0.5	5.9	13.2	15.0
16:40	51.2	44.4	-24.5	452.2	455.0	455.9	63.9	73.1	57.7	-0.9	0.6	0.8	0.6	6.2	14.9	17.2
16:44	48.0	40.0	-25.6	451.9	454.6	455.3	59.4	68.0	54.5	-0.8	0.6	0.9	0.7	7.9	14.6	16.4
16:48	41.2	31.1	-27.0	450.1	454.1	454.8	49.2	54.6	53.2	-0.8	0.7	1.0	0.8	13.2	18.5	18.9
16:52	35.5	21.0	-28.5	449.6	453.6	454.1	42.8	47.0	45.5	-0.6	0.7	1.1	0.8	13.4	19.8	20.1
16:56	34.2	19.6	-27.9	449.3	453.1	453.3	41.5	45.7	42.9	-0.6	0.5	0.8	0.7	10.8	15.3	18.6
17:00	34.1	19.6	-27.8	449.1	452.0	452.6	41.5	45.7	42.9	-0.6	0.5	1.0	0.9	11.4	18.1	22.8
17:04	34.3	19.3	-28.2	450.1	453.6	454.8	41.5	47.0	42.3	-0.6	0.5	0.8	0.6	11.8	14.5	17.9
17:08	34.6	19.3	-28.6	450.7	454.0	454.8	41.5	47.0	42.9	-0.6	0.5	0.7	0.7	11.7	13.9	16.3
17:12	34.4	19.3	-28.3	449.6	453.1	454.3	41.5	47.0	42.3	-0.6	0.5	0.8	0.6	13.7	15.8	16.3
17:16	34.4	19.3	-28.4	449.3	453.4	454.6	41.5	47.0	42.9	-0.6	0.7	0.7	0.6	13.4	13.9	14.0
17:20	34.3	19.3	-28.2	449.1	452.9	453.6	41.5	46.4	42.3	-0.6	0.4	0.6	0.7	11.3	15.0	17.0
17:24	34.2	19.3	-28.1	449.1	452.4	453.1	41.5	46.4	42.3	-0.6	0.5	0.7	0.6	12.0	14.1	16.1
17:28	33.6	18.0	-28.2	448.6	452.4	453.1	40.2	47.0	41.0	-0.5	0.4	0.6	0.5	12.1	13.7	17.0
17:32	32.8	17.9	-27.2	453.3	457.8	458.1	39.0	45.7	39.1	-0.5	0.9	1.1	0.8	18.2	22.4	26.8
17:36	32.1	17.8	-26.5	460.9	465.0	465.9	38.3	43.8	37.2	-0.6	0.9	1.1	1.1	16.8	18.3	25.2
17:40	31.9	17.7	-26.3	459.7	464.5	464.9	38.3	43.8	37.2	-0.6	0.6	1.0	0.8	15.6	16.3	23.8
17:44	32.0	17.8	-26.3	459.3	464.3	465.0	38.3	43.8	37.8	-0.6	0.7	0.9	0.7	17.0	16.5	23.2
17:48	32.5	18.0	-26.8	458.8	463.8	465.0	39.0	43.8	38.4	-0.6	0.6	0.8	0.7	14.5	16.5	20.6
17:52	33.1	17.8	-27.7	459.7	464.3	465.0	39.6	44.4	39.7	-0.5	0.8	1.2	1.2	16.5	19.2	26.5
17:56	32.4	17.7	-26.9	462.1	467.1	467.8	38.3	43.8	37.8	-0.5	0.5	0.8	0.7	16.3	18.0	23.0
18:00	32.5	16.7	-27.6	461.7	466.6	466.6	37.0	45.7	37.8	-0.5	0.4	0.9	0.8	15.6	16.4	23.6
18:04	32.6	17.5	-27.3	460.9	466.1	466.6	38.3	45.1	38.4	-0.5	0.5	0.9	0.7	16.5	19.0	21.7
18:08	32.5	17.7	-27.0	460.7	465.5	465.5	38.3	44.4	38.4	-0.5	0.5	0.8	0.8	15.6	16.5	22.6
18:12	32.7	17.7	-27.3	460.2	465.9	465.4	38.3	44.4	38.4	-0.5	0.7	1.1	1.0	17.6	20.4	26.9
18:16	32.9	17.7	-27.5	461.7	467.1	467.1	38.3	44.4	38.4	-0.5	0.9	1.1	1.0	19.0	19.6	24.8
18:20	32.4	17.7	-26.9	461.7	467.1	466.8	38.3	44.4	37.8	-0.5	0.9	1.1	0.9	19.3	19.1	25.6
18:24	30.8	21.9	-21.0	461.2	465.9	465.9	37.0	45.1	32.7	-0.7	0.7	0.9	0.9	18.8	16.5	31.1
18:28	31.0	22.3	-20.6	461.2	465.9	465.4	37.7	45.7	32.0	-0.7	0.8	1.0	1.0	17.3	16.6	31.0
18:32	30.9	22.3	-20.6	461.4	465.5	464.5	37.7	45.7	32.0	-0.7	0.8	1.1	1.1	18.3	19.7	33.6
18:36	30.6	21.6	-20.8	461.4	465.5	464.5	37.0	46.4	30.7	-0.7	0.9	1.1	1.1	19.3	18.8	34.0
18:40	30.8	21.9	-20.7	461.2	465.4	464.5	37.0	46.4	30.7	-0.7	0.8	1.1	1.1	18.8	17.6	32.3
18:44	31.3	22.2	-21.1	461.4	465.9	465.0	37.7	46.4	31.4	-0.7	0.7	1.1	1.0	18.4	16.8	32.2
18:48	31.5	22.2	-21.4	460.9	465.5	464.3	38.3	47.0	32.0	-0.7	0.8	1.2	1.1	19.4	18.8	31.8
18:52	30.9	21.9	-20.8	461.2	465.9	464.3	37.0	46.4	31.4	-0.7	0.9	1.1	1.0	19.7	18.3	31.8
18:56	31.0	22.0	-20.9	461.7	466.6	464.9	37.0	46.4	31.4	-0.7	0.8	1.1	1.0	18.8	19.0	31.4
19:00	31.2	22.3	-20.9	461.7	466.2	464.5	37.7	46.4	31.4	-0.7	0.8	1.0	1.0	18.3	18.5	31.6
19:04	31.7	22.7	-21.3	461.2	466.1	463.5	37.7	47.0	33.3	-0.7	0.8	1.0	1.0	18.7	17.9	30.7
19:08	31.6	22.8	-21.1	461.4	466.6	463.8	37.7	47.0	32.7	-0.7	0.9	1.0	1.0	17.9	18.8	29.8
19:12	31.5	22.6	-21.1	461.4	466.1	463.3	37.7	47.0	32.7	-0.7	0.7	0.9	1.0	17.8	18.7	30.1
19:16	31.5	22.6	-21.1	461.4	465.9	462.8	37.7	47.0	32.7	-0.7	0.8	1.0	0.9	18.8	17.7	30.5
19:20	31.1	22.5	-20.5	461.4	466.1	462.9	37.0	47.0	31.4	-0.7	0.6	0.9	0.8	16.6	16.8	27.0
19:24	42.9	36.8	-20.8	460.9	464.5	462.4	57.5	62.9	39.7	-0.9	0.7	0.9	0.9	9.6	11.0	20.3
19:28	33.2	25.0	-20.9	461.2	465.9	462.4	41.5	49.5	32.7	-0.8	0.7	0.9	0.8	18.5	17.2	28.7
19:32	30.9	21.7	-21.0	461.7	466.6	462.8	38.3	46.4	30.7	-0.7	0.7	0.8	0.8	15.7	17.0	27.3
19:36	31.2	22.6	-20.8	461.7	466.6	462.9	40.2	45.7	30.7	-0.7	0.6	0.9	0.8	15.0	18.4	28.5

19:40	31.4	23.5	-20.0	461.4	466.1	462.9	41.5	44.4	30.7	-0.7	0.7	1.0	0.9	16.1	19.1	27.4
19:44	31.2	25.0	-17.3	460.9	465.0	461.9	40.9	47.0	28.8	-0.8	0.7	0.9	0.8	15.3	16.8	30.1
19:48	32.1	26.8	-9.2	460.7	465.0	461.9	40.9	52.1	26.9	-0.8	0.6	1.0	0.9	14.6	14.4	40.8
19:52	33.3	28.7	-8.8	460.7	464.5	461.7	40.2	57.2	26.9	-0.9	0.6	0.9	0.9	14.6	14.3	32.5
19:56	33.2	29.0	-8.5	459.7	463.8	460.5	39.0	56.5	28.8	-0.9	0.7	1.0	0.9	14.7	15.7	31.5
20:00	33.0	28.5	-9.0	459.7	463.5	460.0	38.3	55.9	28.8	-0.9	0.7	1.0	1.1	13.2	15.5	35.4
20:04	32.6	28.5	-7.9	458.3	462.8	458.6	35.8	55.9	30.1	-0.9	0.9	1.1	1.3	14.9	16.2	34.4
20:08	33.0	29.0	-8.0	458.1	462.3	458.6	37.0	55.9	30.1	-0.9	0.9	1.2	1.3	14.5	17.0	34.9
20:12	33.1	29.2	-7.8	458.1	462.4	459.0	37.7	55.9	30.1	-0.9	1.0	1.3	1.4	15.0	17.3	34.7
20:16	33.3	29.4	-7.8	458.1	462.3	459.0	37.7	55.9	30.7	-0.9	0.9	1.2	1.3	12.1	16.3	33.7
20:20	33.0	29.1	-7.8	456.7	461.0	457.6	37.7	55.9	30.7	-0.9	1.1	1.2	1.4	12.4	16.6	35.0
20:24	33.1	29.1	-7.8	458.8	462.9	458.5	37.0	55.9	30.7	-0.9	1.1	1.3	1.5	14.9	17.2	37.9
20:28	32.5	28.3	-7.9	458.8	462.9	459.0	35.8	55.9	30.1	-0.9	1.0	1.2	1.5	13.8	16.2	35.7
20:32	32.7	28.5	-13.8	455.2	459.1	455.3	37.0	55.3	30.7	-0.9	1.0	1.3	1.5	11.9	17.6	35.3
20:36	32.5	28.3	-13.9	451.4	455.0	451.2	37.7	55.3	30.7	-0.9	1.3	1.5	1.8	13.9	16.6	37.1
20:40	32.7	28.3	-14.0	451.2	454.6	451.0	37.7	55.3	31.4	-0.9	1.2	1.4	1.6	12.5	17.2	35.6
20:44	32.6	28.4	-13.8	451.4	454.5	451.2	37.7	55.3	31.4	-0.9	1.1	1.3	1.6	12.5	16.8	34.2
20:48	32.6	28.4	-13.6	451.4	454.6	451.5	37.7	55.3	31.4	-0.9	1.2	1.3	1.7	14.3	16.5	37.5
20:52	32.6	28.5	-13.5	451.7	455.0	451.7	37.0	55.3	30.7	-0.9	1.0	1.3	1.4	11.1	16.3	32.0
20:56	32.7	28.5	-13.7	451.7	455.2	452.2	37.7	55.3	31.4	-0.9	1.1	1.3	1.6	12.9	16.9	35.6
21:00	32.8	28.5	-13.7	451.9	455.3	452.7	37.7	55.3	31.4	-0.9	0.9	1.2	1.4	11.6	14.6	33.8
21:04	32.9	28.9	-13.3	452.2	455.3	453.1	38.3	55.9	31.4	-0.9	1.2	1.5	1.6	12.7	15.4	36.0
21:08	33.0	28.9	-13.6	451.9	455.2	452.6	38.3	55.9	31.4	-0.9	1.2	1.4	1.6	11.7	15.2	35.9
21:12	33.0	28.6	-14.0	452.7	455.7	453.1	38.3	56.5	30.7	-0.9	1.3	1.6	1.8	14.4	16.5	40.2
21:16	33.2	28.7	-14.1	453.3	456.2	453.6	38.3	56.5	30.7	-0.9	1.2	1.5	1.8	13.3	16.1	37.8
21:20	33.2	28.6	-14.3	453.8	456.4	454.1	38.3	56.5	30.7	-0.9	1.3	1.6	1.8	15.4	16.9	39.4
21:24	32.4	27.5	-14.6	453.8	456.7	454.3	36.4	55.9	30.7	-0.8	1.3	1.6	1.8	14.6	15.8	37.4
21:28	32.7	27.2	-15.7	451.7	454.6	452.2	37.7	55.9	31.4	-0.8	1.4	1.8	2.0	14.6	18.2	40.9
21:32	32.6	27.3	-15.5	451.4	454.1	451.7	37.0	55.9	31.4	-0.8	1.3	1.7	1.9	14.7	17.7	39.1
21:36	32.6	27.5	-9.2	452.7	455.9	453.6	36.4	55.9	30.7	-0.8	0.8	1.5	1.5	14.7	19.6	39.8
21:40	32.5	27.7	-14.6	452.2	455.3	453.1	37.0	55.9	30.1	-0.9	0.6	1.4	1.4	12.7	18.1	36.6
21:44	32.8	28.0	-14.6	452.7	455.7	453.8	37.7	56.5	30.7	-0.9	0.7	1.4	1.5	11.7	18.5	36.6
21:48	33.6	29.2	-14.3	453.3	456.2	454.3	39.6	57.2	30.7	-0.9	0.6	1.3	1.3	13.3	17.6	37.0
21:52	33.5	29.1	-14.3	453.3	456.4	454.6	39.0	57.2	30.7	-0.9	0.7	1.4	1.6	11.4	18.6	39.8
21:56	33.4	28.9	-14.4	453.8	456.7	454.8	38.3	57.2	30.7	-0.9	1.1	1.6	1.9	14.7	17.3	37.8
22:00	33.4	28.5	-15.0	451.4	454.1	452.2	39.6	56.5	31.4	-0.9	1.3	1.7	1.9	13.5	17.2	39.0
22:04	33.1	28.2	-14.7	450.1	452.6	450.7	39.0	55.9	30.7	-0.9	1.4	1.9	2.1	15.3	18.3	40.4
22:08	33.1	28.2	-14.8	450.3	452.9	451.2	39.0	55.9	30.7	-0.9	1.2	1.9	2.0	13.5	18.0	40.5
22:12	33.1	28.2	-15.0	450.8	453.4	451.5	39.0	55.9	30.7	-0.9	1.5	1.6	1.7	13.5	16.0	39.0
22:16	32.9	28.1	-14.5	450.1	452.4	450.1	39.0	55.9	30.7	-0.9	1.0	1.3	1.4	11.8	13.2	34.5
22:20	32.9	28.0	-14.8	449.3	451.4	449.3	39.6	55.9	30.7	-0.9	1.5	1.5	1.7	15.9	14.4	37.3
22:24	32.8	28.0	-14.7	450.1	451.9	449.3	39.0	55.9	30.7	-0.9	1.3	1.5	1.9	15.6	13.6	39.8
22:28	32.8	28.0	-14.5	450.3	452.0	449.8	39.0	55.9	30.7	-0.9	1.3	1.7	1.8	14.6	16.9	37.1
22:32	33.0	28.1	-14.9	451.4	453.4	451.0	39.0	55.9	30.7	-0.9	1.3	1.7	1.9	13.3	15.9	39.4
22:36	33.3	28.3	-8.9	452.7	454.6	452.2	39.6	55.9	30.7	-0.8	1.5	1.6	1.9	16.3	14.9	41.2
22:40	33.3	28.6	-14.3	451.9	454.0	451.5	38.3	57.2	30.7	-0.9	1.2	1.4	1.5	13.4	14.8	36.5
22:44	32.5	27.6	-14.6	449.6	451.4	449.3	37.7	56.5	30.7	-0.8	1.3	1.5	1.8	14.5	15.8	37.9
22:48	32.8	27.6	-15.2	450.7	452.0	449.8	38.3	56.5	30.7	-0.8	1.8	1.8	2.2	19.2	15.3	40.5
22:52	33.0	28.3	-14.5	450.3	451.9	450.0	39.0	55.9	30.7	-0.9	1.4	1.7	2.0	14.4	14.6	38.3

22:56	33.2	28.5	-14.5	451.2	452.9	451.2	39.0	56.5	31.4	-0.9	1.3	1.6	2.0	15.5	14.0	37.9
23:00	33.0	28.2	-14.7	451.2	452.6	450.7	38.3	55.9	31.4	-0.9	1.6	1.8	2.0	18.2	14.4	40.3
23:04	33.7	28.5	-15.3	453.3	454.5	452.6	39.0	57.2	31.4	-0.8	1.6	1.8	2.1	17.9	15.2	42.1
23:08	33.1	28.1	-14.8	453.3	454.6	452.7	37.7	57.2	30.7	-0.8	1.4	1.6	2.0	19.0	13.8	39.6
23:12	33.6	28.2	-15.5	454.5	455.9	454.1	38.3	57.2	31.4	-0.8	1.3	1.8	2.0	16.7	16.2	39.6
23:16	33.2	27.8	-9.3	454.0	455.7	454.1	37.0	57.2	31.4	-0.8	1.3	2.0	2.0	18.0	17.1	43.9
23:20	32.9	27.9	-14.9	454.0	455.3	453.3	36.4	56.5	31.4	-0.8	1.1	1.6	1.8	17.0	14.9	37.0
23:24	33.5	29.0	-8.3	454.5	455.3	453.6	38.3	57.8	31.4	-0.9	1.1	1.6	1.7	15.0	14.4	36.8
23:28	33.8	29.2	-14.3	455.7	456.9	455.3	39.0	57.8	31.4	-0.9	1.1	1.5	1.7	14.9	14.5	35.8
23:32	33.3	28.7	-8.3	455.0	456.4	454.6	37.0	57.8	30.7	-0.9	1.2	1.6	1.9	18.4	15.1	40.1
23:36	33.4	28.8	-8.2	455.0	456.4	454.6	37.0	57.8	31.4	-0.9	1.3	1.7	1.9	17.6	15.8	39.2
23:40	33.8	29.2	-14.3	455.7	456.9	455.5	38.3	57.8	31.4	-0.9	1.1	1.5	1.8	17.4	15.8	38.1
23:44	34.0	29.4	-8.5	457.6	459.0	457.4	39.0	57.8	31.4	-0.9	1.1	1.5	1.9	16.9	14.6	38.7
23:48	33.8	29.3	-14.1	456.2	457.4	456.0	38.3	57.8	31.4	-0.9	1.1	1.4	1.7	17.8	13.7	37.5
23:52	33.5	29.1	-8.3	455.7	456.4	455.2	38.3	57.2	30.7	-0.9	1.0	1.4	1.7	16.6	14.1	36.1
23:56	33.2	28.8	-8.1	456.2	456.9	455.3	37.7	57.2	30.7	-0.9	0.8	1.3	1.6	17.5	14.1	35.6
0:00	33.0	28.5	-13.9	452.7	453.6	452.2	38.3	57.2	30.7	-0.9	0.8	1.3	1.6	13.8	13.2	34.7
0:04	33.3	28.8	-8.7	452.7	453.6	452.2	38.3	57.2	31.4	-0.9	0.8	1.4	1.5	14.5	14.8	34.2
0:08	33.1	28.7	-8.4	452.4	453.4	452.0	37.7	57.2	30.7	-0.9	0.8	1.4	1.6	15.2	14.8	34.9
0:12	33.1	28.7	-8.4	452.7	453.6	452.2	37.7	57.2	30.7	-0.9	0.8	1.4	1.5	15.2	13.9	32.5
0:16	33.1	28.8	-8.4	452.9	454.0	452.6	37.7	57.2	30.7	-0.9	0.8	1.4	1.6	15.4	15.1	35.7
0:20	32.9	28.4	-8.5	453.3	454.1	452.6	37.7	57.2	30.7	-0.9	0.9	1.4	1.6	16.6	14.2	35.9
0:24	32.9	28.3	-8.6	453.4	454.5	452.7	37.0	57.2	30.7	-0.9	0.9	1.4	1.7	15.5	14.4	35.7
0:28	33.2	28.7	-14.0	454.0	455.0	453.6	38.3	57.2	30.7	-0.9	0.9	1.5	1.7	14.4	15.3	35.3
0:32	33.2	28.7	-14.0	454.0	455.0	453.8	38.3	57.2	30.7	-0.9	0.9	1.3	1.6	16.4	12.4	36.9
0:36	33.2	28.6	-14.3	452.4	453.4	453.1	38.3	57.2	31.4	-0.9	1.1	1.6	2.0	17.1	15.8	39.7
0:40	33.4	28.8	-14.2	454.0	455.0	454.3	38.3	57.2	31.4	-0.9	0.8	1.3	1.6	14.6	13.4	36.8
0:44	32.9	27.9	-14.6	453.3	454.1	453.6	37.7	56.5	30.7	-0.8	0.9	1.2	1.6	14.8	12.3	32.5
0:48	32.8	28.0	-14.4	448.2	449.3	448.9	38.3	56.5	31.4	-0.9	1.0	1.2	1.6	16.6	13.0	33.2
0:52	33.0	28.0	-15.0	447.6	448.6	448.2	39.0	56.5	31.4	-0.8	0.9	1.2	1.6	15.5	12.6	32.3
0:56	33.2	28.6	-14.2	448.6	449.1	448.8	39.0	56.5	31.4	-0.9	0.9	1.4	1.7	14.5	14.3	34.5
1:00	33.0	28.3	-14.5	447.6	448.2	447.2	39.0	56.5	31.4	-0.9	1.1	1.6	1.7	15.5	15.6	35.4
1:04	32.9	27.9	-14.9	448.1	448.6	447.4	39.0	56.5	31.4	-0.8	0.9	1.5	1.7	16.4	14.3	36.1
1:08	32.3	27.2	-14.8	448.1	448.6	447.4	37.7	55.9	30.7	-0.8	1.0	1.4	1.6	16.1	13.8	35.0
1:12	32.6	27.7	-14.6	448.1	448.6	447.7	38.3	56.5	30.7	-0.9	1.0	1.4	1.6	14.6	14.5	33.7
1:16	32.9	28.0	-14.8	449.3	450.1	449.3	39.0	56.5	30.7	-0.8	0.9	1.3	1.6	14.6	13.5	33.1
1:20	32.8	28.0	-14.4	448.8	449.3	448.4	39.0	56.5	30.7	-0.9	0.8	1.3	1.6	15.1	14.5	32.0
1:24	33.1	28.0	-15.1	449.6	450.1	449.5	39.0	56.5	31.4	-0.8	0.7	1.3	1.6	12.8	14.6	32.0
1:28	32.9	28.1	-14.7	448.2	449.3	448.9	38.3	56.5	31.4	-0.9	1.0	1.6	1.4	15.7	16.2	32.2
1:32	32.4	27.4	-14.7	448.1	449.1	447.7	37.0	56.5	30.7	-0.8	0.8	1.5	1.6	16.6	15.3	31.5
1:36	32.4	27.5	-14.4	448.1	449.1	447.7	37.7	55.9	30.7	-0.8	0.7	1.5	1.4	13.3	14.6	32.3
1:40	32.5	27.7	-14.5	448.6	449.6	447.9	39.0	55.9	30.7	-0.9	0.8	1.3	1.4	13.0	13.4	31.2
1:44	32.6	27.7	-14.5	448.8	449.6	448.4	38.3	55.9	30.7	-0.9	0.8	1.2	1.0	13.6	14.9	31.9
1:48	32.7	27.8	-14.6	449.8	450.3	449.5	39.0	55.9	30.7	-0.9	0.6	1.3	1.4	12.6	13.0	31.0
1:52	32.2	27.2	-14.5	449.1	450.1	448.9	37.7	55.9	30.1	-0.8	0.8	1.5	1.3	12.3	15.6	30.0
1:56	32.3	27.4	-14.5	448.8	450.1	449.3	37.7	55.9	30.7	-0.8	0.7	1.5	1.4	13.6	15.8	31.8
2:00	32.7	28.1	-14.3	448.8	450.1	449.5	39.0	55.9	30.7	-0.9	0.6	1.4	1.3	12.6	15.1	28.7
2:04	32.9	28.1	-14.4	449.1	450.1	448.9	39.6	55.9	30.7	-0.9	0.6	1.5	1.3	11.9	14.7	29.3
2:08	32.6	27.8	-14.6	449.3	450.1	448.8	38.3	55.9	30.7	-0.9	0.5	1.5	1.4	12.0	15.6	30.1

2:12	32.5	27.4	-14.9	450.8	451.5	450.5	38.3	55.9	30.1	-0.8	0.6	1.5	1.4	15.9	15.9	30.6
2:16	32.2	27.4	-14.3	449.8	450.7	449.5	37.7	55.9	30.1	-0.9	0.7	1.4	1.3	14.4	16.9	31.5
2:20	32.6	27.8	-14.6	449.3	450.7	449.5	38.3	55.9	30.7	-0.9	0.7	1.6	1.5	12.8	15.3	34.9
2:24	32.7	27.8	-14.7	449.6	450.7	449.8	38.3	55.9	30.7	-0.9	0.7	1.4	1.3	13.6	14.4	27.6
2:28	32.5	27.6	-14.5	450.1	451.2	450.1	38.3	55.9	30.7	-0.9	0.7	1.4	1.4	13.9	15.0	31.9
2:32	32.2	27.2	-14.6	449.8	450.8	449.8	37.0	55.9	30.1	-0.8	0.9	2.0	1.8	13.3	19.5	33.1
2:36	32.7	27.9	-14.7	450.1	450.8	449.8	38.3	55.9	30.7	-0.9	0.9	1.9	1.7	13.8	17.9	33.7
2:40	33.1	27.9	-15.4	450.8	451.9	450.5	39.6	55.9	30.7	-0.8	1.0	1.8	1.5	13.4	18.0	32.6
2:44	32.8	28.0	-14.6	450.1	450.8	449.5	38.3	56.5	30.7	-0.9	1.0	1.8	1.6	15.7	18.0	34.4
2:48	32.5	27.6	-14.7	450.3	451.2	449.8	37.7	56.5	30.7	-0.8	1.0	1.9	1.8	14.3	18.8	36.1
2:52	32.3	27.3	-14.7	450.3	451.2	449.8	37.7	55.9	30.1	-0.8	1.0	1.8	1.7	14.6	18.5	34.3
2:56	33.2	27.9	-15.3	452.7	453.6	452.6	39.0	56.5	30.7	-0.8	0.6	1.6	1.4	12.2	16.3	30.4
3:00	33.0	28.0	-14.9	452.4	453.1	452.0	39.0	55.9	30.7	-0.8	0.7	1.6	1.5	14.9	16.8	32.8
3:04	33.0	28.4	-14.2	451.7	452.4	451.5	39.0	56.5	30.7	-0.9	0.7	1.6	1.4	13.6	16.5	31.3
3:08	32.6	27.9	-14.2	451.4	451.9	450.7	38.3	55.9	30.1	-0.9	0.8	1.5	1.2	15.1	14.1	32.0
3:12	32.3	27.4	-14.6	451.2	451.5	450.5	37.7	55.9	30.1	-0.8	0.9	1.4	1.6	15.8	14.5	35.5
3:16	32.8	28.0	-14.5	450.8	451.5	450.5	38.3	55.9	30.7	-0.9	0.8	1.7	1.6	14.2	16.9	29.8
3:20	32.9	28.1	-14.5	451.4	451.9	450.7	38.3	56.5	30.7	-0.9	0.9	1.5	1.4	14.0	15.9	29.8
3:24	32.7	27.9	-14.4	451.2	452.0	450.7	38.3	56.5	30.7	-0.9	0.8	1.7	1.5	15.1	16.7	31.2
3:28	32.0	27.1	-14.5	451.7	452.6	451.5	37.0	55.3	29.5	-0.8	0.7	1.7	1.4	14.4	16.8	30.3
3:32	32.5	27.7	-14.4	451.2	451.9	450.5	38.3	55.3	30.7	-0.9	1.1	1.7	1.7	15.8	17.5	29.7
3:36	32.3	27.6	-14.2	451.2	452.0	450.5	37.7	55.3	30.7	-0.9	0.7	1.4	1.4	14.0	14.6	30.4
3:40	32.1	27.3	-14.3	451.4	452.0	450.5	36.4	55.3	30.7	-0.9	0.8	1.6	1.5	14.6	15.7	31.5
3:44	32.0	27.2	-14.4	451.4	452.4	451.2	37.0	55.3	30.1	-0.8	0.8	1.6	1.4	14.5	16.4	31.2
3:48	32.4	27.7	-14.4	451.4	452.0	451.2	37.7	55.3	30.7	-0.9	0.7	1.7	1.5	13.6	16.8	30.1
3:52	32.5	27.8	-14.4	452.2	452.9	451.7	37.7	55.3	30.7	-0.9	0.7	1.7	1.6	15.5	17.1	33.3
3:56	32.6	27.9	-14.4	451.9	452.6	451.7	37.0	55.9	31.4	-0.9	0.8	1.7	1.6	14.4	17.1	31.7
4:00	32.3	27.0	-15.5	448.8	449.8	448.8	37.0	55.3	32.0	-0.8	0.7	1.5	1.4	13.6	15.6	28.3
4:04	32.2	27.1	-15.1	444.4	445.5	444.1	37.7	55.3	32.0	-0.8	0.7	1.7	1.6	15.0	17.2	33.2
4:08	31.9	26.8	-15.0	443.7	444.8	443.6	37.7	54.6	30.7	-0.8	1.0	1.7	1.5	13.7	17.4	31.3
4:12	31.9	26.9	-14.8	444.3	444.8	443.6	38.3	54.6	30.7	-0.8	0.9	1.7	1.6	15.5	17.1	27.9
4:16	31.7	26.6	-14.9	443.9	444.8	443.4	37.7	54.6	30.7	-0.8	1.0	1.7	1.4	13.8	17.1	30.5
4:20	31.3	25.9	-15.2	444.4	445.0	444.1	38.3	54.0	28.8	-0.8	0.7	1.7	1.5	14.0	17.3	31.7
4:24	30.8	25.4	-15.2	444.3	444.8	443.9	38.3	53.3	27.5	-0.8	1.1	2.0	1.8	14.2	19.6	38.2
4:28	31.0	25.1	-16.0	444.8	445.3	444.3	39.0	53.3	28.2	-0.8	1.2	1.9	1.7	14.3	18.1	39.5
4:32	30.4	24.7	-15.3	443.9	444.4	443.4	37.0	53.3	27.5	-0.8	1.0	1.8	1.5	12.6	17.4	35.3
4:36	31.0	25.3	-15.6	444.3	445.0	443.9	38.3	53.3	28.2	-0.8	1.0	1.7	1.5	13.1	17.3	35.9
4:40	30.7	25.2	-15.2	443.9	444.4	443.6	38.3	53.3	27.5	-0.8	1.1	1.8	1.6	13.3	18.9	39.1
4:44	30.6	24.9	-15.4	445.0	445.8	444.6	38.3	52.7	27.5	-0.8	0.6	1.5	1.4	11.2	17.3	32.6
4:48	30.7	24.7	-15.8	446.3	446.9	445.6	37.7	52.7	27.5	-0.8	0.7	1.5	1.3	12.4	16.9	29.0
4:52	30.7	25.2	-15.1	445.3	445.8	444.8	38.3	52.7	27.5	-0.8	0.7	1.6	1.3	10.7	16.9	32.3
4:56	30.7	25.2	-15.1	445.5	446.0	445.1	38.3	52.7	27.5	-0.8	0.8	1.7	1.5	11.8	17.9	33.4
5:00	30.9	25.6	-15.1	445.5	446.3	445.1	37.7	53.3	28.8	-0.8	0.9	2.0	1.8	13.9	20.1	37.4
5:04	30.4	24.9	-15.0	445.3	446.3	444.8	36.4	52.7	27.5	-0.8	0.8	1.7	1.6	14.4	17.8	37.9
5:08	30.5	25.1	-15.0	444.3	445.5	443.9	37.0	52.7	28.2	-0.8	0.8	1.5	1.4	12.4	15.8	33.1
5:12	30.6	25.5	-14.6	443.2	444.8	443.1	37.7	52.7	28.2	-0.8	0.8	1.8	1.6	13.3	18.2	35.5
5:16	30.7	25.5	-14.8	443.7	445.8	442.5	37.7	52.7	28.2	-0.8	0.9	1.7	1.8	14.6	17.7	35.8
5:20	30.6	25.1	-15.1	443.4	445.0	442.5	37.7	52.7	28.2	-0.8	1.0	1.8	1.6	18.0	18.8	32.1
5:24	30.8	25.3	-15.3	443.4	444.8	443.1	38.3	52.7	28.2	-0.8	0.7	1.6	1.7	10.7	17.6	32.9

5:28	31.0	25.2	-15.7	443.9	445.3	443.9	38.3	52.7	28.2	-0.8	0.5	1.4	1.5	10.8	15.0	33.4
5:32	30.8	25.2	-15.4	443.7	445.3	443.6	38.3	52.7	28.2	-0.8	0.7	1.4	1.5	14.3	14.6	33.9
5:36	30.4	24.7	-15.3	443.4	444.3	442.5	37.0	52.7	27.5	-0.8	0.5	1.3	1.4	12.2	14.8	33.9
5:40	30.8	25.2	-15.2	443.2	444.1	442.9	38.3	52.7	28.2	-0.8	0.7	1.4	1.5	10.3	15.4	32.3
5:44	30.9	25.2	-15.5	442.2	443.1	442.0	39.0	52.7	28.2	-0.8	0.8	1.0	1.5	13.1	11.9	30.5
5:48	30.8	25.2	-15.3	441.2	443.1	442.4	38.3	52.7	28.2	-0.8	0.8	1.4	1.6	12.6	14.3	35.5
5:52	30.4	24.4	-15.8	441.2	442.7	441.8	37.7	52.7	27.5	-0.8	0.5	1.1	1.1	10.7	12.0	29.4
5:56	29.9	22.9	-17.1	440.3	442.2	441.5	37.0	51.4	28.2	-0.8	0.5	1.0	1.1	11.9	13.3	30.7
6:00	29.7	20.4	-20.5	439.4	442.5	442.0	37.7	47.6	30.7	-0.7	0.4	0.9	0.9	9.8	13.3	23.2
6:04	29.9	19.3	-22.0	438.0	441.2	440.5	37.7	45.7	34.0	-0.6	0.5	0.9	0.9	12.9	14.0	16.8
6:08	32.0	14.3	-28.4	436.8	440.3	439.9	40.2	45.1	41.0	-0.4	0.5	0.7	0.7	12.5	8.6	11.0
6:12	33.4	12.3	-30.8	436.3	439.4	439.2	42.2	47.0	42.3	-0.4	0.8	0.7	0.5	6.9	9.5	14.1
6:16	33.5	12.5	-30.8	435.4	439.2	439.8	42.8	47.0	42.3	-0.4	0.5	0.6	0.6	8.6	9.4	12.7
6:20	33.1	12.2	-30.5	432.8	437.0	437.0	41.5	46.4	42.9	-0.4	0.4	0.5	0.5	8.2	9.3	11.1
6:24	32.4	11.8	-30.0	431.1	434.9	434.6	40.9	46.4	42.3	-0.4	0.3	0.6	0.6	9.0	11.0	13.3
6:28	32.1	12.1	-29.5	430.1	433.9	433.9	40.9	45.7	41.7	-0.4	0.4	0.5	0.5	8.0	10.4	11.5
6:32	32.6	13.5	-29.6	432.2	435.1	435.6	42.8	43.8	43.6	-0.4	0.5	0.8	0.8	8.0	12.9	12.9
6:36	33.7	13.5	-30.7	437.3	440.6	441.3	42.8	44.4	44.2	-0.4	0.3	0.5	0.6	8.7	11.6	12.8
6:40	32.1	13.0	-29.2	436.8	440.5	440.8	41.5	43.8	41.0	-0.4	0.3	0.5	0.7	9.2	11.2	15.0
6:44	32.2	13.2	-29.2	436.8	439.9	440.8	41.5	43.8	41.0	-0.4	0.3	0.6	0.6	8.6	11.1	14.0
6:48	32.3	13.9	-29.0	436.5	439.8	440.8	42.2	43.8	41.0	-0.4	0.3	0.6	0.6	8.8	10.6	13.4
6:52	32.9	13.9	-29.6	437.0	440.3	441.0	42.8	44.4	42.3	-0.4	0.4	0.7	0.6	8.8	11.0	16.4
6:56	31.8	13.9	-28.3	447.6	450.1	450.5	40.2	42.5	38.4	-0.4	0.2	0.6	0.6	10.4	13.0	19.3
7:00	33.0	14.0	-29.6	448.1	450.8	451.7	42.2	43.8	40.4	-0.4	0.4	0.7	0.7	8.6	12.3	16.7
7:04	32.8	16.3	-28.4	451.2	453.6	454.3	40.9	42.5	41.7	-0.5	0.4	0.8	0.7	11.2	15.3	18.2
7:08	33.0	17.4	-27.9	452.2	454.6	455.3	40.2	41.9	42.9	-0.5	0.4	0.7	0.7	10.9	13.9	16.7
7:12	32.7	17.0	-27.8	452.7	455.0	455.9	39.6	41.9	42.3	-0.5	0.4	0.7	0.7	11.7	14.7	17.3
7:16	32.6	17.0	-27.7	452.9	455.0	455.9	39.6	41.9	42.3	-0.5	0.5	0.7	0.8	11.5	13.2	17.0
7:20	32.9	17.4	-27.8	453.8	455.7	456.9	40.2	42.5	41.7	-0.5	0.6	0.8	0.9	11.9	12.9	17.6
7:24	33.0	17.6	-27.8	454.0	455.9	457.4	40.2	42.5	41.7	-0.5	0.6	0.9	0.9	12.2	13.5	17.9
7:28	33.6	18.7	-27.8	456.5	458.8	460.2	40.9	43.8	41.7	-0.6	0.6	0.9	0.9	12.2	16.6	20.2
7:32	34.0	19.3	-27.8	457.2	459.1	460.5	41.5	45.1	41.0	-0.6	0.6	0.9	0.9	12.4	15.8	21.0
7:36	34.8	20.8	-27.8	457.8	459.5	461.2	42.8	45.7	42.3	-0.6	0.7	1.0	1.0	13.0	16.9	21.6
7:40	34.7	21.2	-27.3	458.3	459.7	461.2	42.8	45.1	41.7	-0.6	0.6	0.9	0.9	12.2	16.3	20.2
7:44	34.6	21.5	-27.0	458.1	459.7	460.9	42.8	45.1	41.7	-0.6	0.6	0.8	0.9	12.4	16.3	20.7
7:48	34.8	21.3	-27.3	458.8	460.2	461.4	42.8	47.0	40.4	-0.6	0.6	0.9	0.9	12.6	17.5	21.1
7:52	35.6	22.3	-27.4	460.9	462.8	462.9	44.1	48.3	40.4	-0.6	0.6	0.9	0.9	13.0	16.4	21.9
7:56	37.2	24.2	-27.7	461.2	462.9	463.8	46.0	50.2	41.7	-0.7	0.6	0.9	0.9	12.8	15.9	23.6
8:00	37.0	24.4	-27.3	458.3	459.5	460.9	45.4	50.8	41.7	-0.7	0.6	0.9	0.9	12.2	14.5	22.4
8:04	36.9	24.4	-27.2	456.7	457.9	459.7	46.0	50.8	42.3	-0.7	0.5	0.8	0.8	11.5	13.8	21.2
8:08	36.3	24.0	-26.9	456.0	457.2	458.6	44.1	50.8	41.7	-0.7	0.7	0.9	0.9	12.3	13.8	21.9
8:12	43.0	34.3	-25.4	455.5	456.4	458.5	54.3	57.2	51.3	-0.8	0.6	0.8	0.8	8.1	12.6	14.6
8:16	49.2	43.9	-22.1	454.5	456.2	457.9	60.7	63.5	62.2	-0.9	0.6	0.6	0.7	9.0	13.0	13.2
8:20	49.2	44.4	-21.1	454.5	456.4	458.6	60.1	63.5	62.2	-0.9	0.4	1.0	0.9	6.5	16.2	11.9
8:24	50.1	45.3	-21.3	452.7	454.5	456.5	61.3	64.8	64.1	-0.9	0.9	0.8	0.9	9.9	11.5	11.8
8:28	50.1	45.1	-21.9	447.6	448.8	451.2	62.0	65.4	65.4	-0.9	0.8	0.8	0.8	9.0	12.4	11.7
8:32	52.1	47.8	-20.4	447.6	448.6	451.7	65.8	68.0	66.7	-0.9	0.7	0.7	0.7	7.0	12.5	11.2
8:36	56.7	53.1	-19.7	447.7	448.8	452.0	72.2	73.7	71.8	-0.9	0.7	0.7	0.6	6.7	12.1	11.1
8:40	55.4	51.8	-19.4	447.7	448.8	451.7	71.6	69.2	72.4	-0.9	0.5	0.6	0.5	6.2	13.4	9.8

8:44	57.6	54.3	-18.9	447.0	448.2	451.0	75.4	69.9	76.3	-0.9	0.6	0.8	0.6	6.9	13.8	11.1
8:48	55.2	51.1	-20.6	447.0	448.8	451.7	70.9	67.3	73.7	-0.9	0.8	0.9	0.8	6.6	13.4	12.6
8:52	56.6	52.6	-20.8	445.8	447.6	449.8	70.3	71.1	76.9	-0.9	0.8	0.8	0.7	6.3	12.4	10.4
8:56	59.2	55.5	-20.4	445.5	447.0	449.3	75.4	73.1	80.1	-0.9	0.9	0.9	0.7	6.3	13.3	10.5
9:00	59.3	55.9	-19.7	448.8	450.1	452.6	74.1	74.3	78.9	-0.9	0.8	0.9	0.8	6.3	12.4	11.2
9:04	63.0	60.0	-19.3	449.1	450.1	452.2	79.3	82.0	80.8	-1.0	0.8	0.9	0.8	5.6	10.6	10.1
9:08	65.2	61.9	-20.4	449.6	450.7	452.2	79.3	87.0	84.0	-0.9	0.9	0.9	0.8	6.2	10.9	10.4
9:12	66.0	63.2	-19.3	450.1	451.5	452.7	79.9	87.0	84.6	-1.0	1.0	1.1	0.9	5.2	12.0	9.9
9:16	66.8	64.2	-18.5	451.2	453.1	454.1	81.2	88.3	85.3	-1.0	1.0	1.0	0.8	6.5	12.4	10.4
9:20	67.0	65.7	-13.4	451.4	453.6	454.3	81.8	88.3	85.3	-1.0	1.0	1.1	0.9	6.1	12.4	11.6
9:24	67.6	66.4	-12.4	451.7	454.5	455.2	83.1	87.7	86.6	-1.0	0.9	1.0	0.9	5.5	12.5	10.9
9:28	68.7	67.5	-12.7	451.2	453.4	454.3	85.7	87.0	89.8	-1.0	1.0	0.9	0.9	5.3	12.8	9.5
9:32	72.0	71.3	-9.5	448.6	451.2	452.6	93.3	84.5	98.8	-1.0	0.9	1.0	0.7	5.2	11.8	7.6
9:36	75.8	75.0	-6.8	448.1	450.7	451.7	97.2	89.6	103.9	-1.0	0.8	1.0	0.8	4.8	10.8	9.2
9:40	75.0	73.7	-13.1	449.6	452.4	452.7	90.8	91.5	104.5	-1.0	1.0	1.3	1.0	6.3	12.1	9.9
9:44	77.5	75.7	-15.9	449.1	451.5	452.2	92.7	94.7	109.7	-1.0	0.8	1.1	0.9	3.8	9.5	7.6
9:48	79.6	78.1	-14.9	448.8	451.9	452.2	95.9	97.2	112.2	-1.0	1.0	1.2	0.9	5.2	10.9	9.1
9:52	79.4	78.3	-8.0	448.2	451.4	451.5	96.5	95.9	111.6	-1.0	1.1	1.4	1.0	6.3	12.8	8.6
9:56	82.0	80.8	-13.1	447.6	451.2	451.7	101.0	95.9	117.4	-1.0	1.0	1.4	1.0	4.4	11.7	7.3
Average	46.1	40.4	-14.7	451.7	453.7	453.0	54.0	67.7	54.0	-0.7	0.8	1.1	1.1	11.1	14.1	22.6