



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES
AVANZADOS, S. C.
POSGRADO**

Análisis de la calidad de la energía del sistema
eléctrico de la empresa BIO-PAPPEL

Tesis que como Requisito para obtener el Grado de
Maestro en Energías Renovables presenta:

Ing. David Alejandro Sifuentes Godoy

Director de tesis: Dr. Mauricio Garza Castañón

Durango, Dgo., Agosto de 2012

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA BIO-PAPPEL

Agradecimiento

Mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Tecnológica de Durango por la oportunidad que me brindo para la realización de esta maestría, al Centro de Investigaciones de Materiales Avanzados por las facilidades brindadas durante la realización de mis estudios y agradezco el apoyo incondicional de mi familia y mi esposa Daniela.

Gracias

ÍNDICE

RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES	8
Calidad de la energía.....	8
Factores de Pérdida de la Calidad	9
El Escenario Anterior en la Utilización de la E.E.	9
El Escenario Actual	10
Cargas no Lineales del Usuario	11
Resultados de la Mala Calidad de la E. E.	12
Normas de la calidad de la energía	12
IEEE 519-1992.....	12
EN 50160	14
ANSI C84	21
ANSI/IEEE C62.41 1991	22
IEEE 1100 1992.....	22
CFE y la Calidad de la Energía	22
Disturbios.....	26
Variaciones de tensión.....	26
Disturbios del lado del usuario	29
Variaciones de tensión.....	29
Distorsión en la forma de onda	30
Medición de la calidad de la energía	33
NATURALEZA Y ALCANCE DEL PROBLEMA.....	39
HIPÓTESIS	39
OBJETIVOS	39
Objetivo general.....	39
Objetivos específicos.....	39
Materiales y métodos	40
Desarrollo del proyecto.....	40

Generalidades de la empresa.....	40
Antecedentes	40
Misión y visión	40
Identidad	41
Ética	41
Política ambiental ISO-14001.....	41
Política de calidad ISO 9001-2008.....	41
Objetivos ambientales.....	41
Descripción general del proceso que brinda la empresa	42
Preparación de pastas	42
Sistema de recortes	46
Maquina de papel.....	46
Tipos de producción.....	48
Materias primas.....	49
Estudio de calidad de la energía.....	50
Procedimiento	51
CCM 13 D1	57
CCM 13 D3	59
CCM 12 D1	61
CCM 13 D1	64
CCM 15 A3.....	67
NORMA ISO 50001	70
Orígenes de la norma ISO 50001	70
Principales objetivos de la norma:.....	71
Beneficios de la ISO 50001	72
Metodología de la norma ISO 50001	72
Contenido de la norma ISO 50001	74
Estructura de la Norma	75
¿Por qué certificarse?	76
Resultados	78
Conclusiones.....	82
Recomendaciones.....	85
Bibliografía	86
Anexos	88

RESUMEN

El auge en la implementación de sistemas de energía renovable en los sectores productivos con la finalidad de generar ahorros energéticos y económicos va en aumento, esto trae consigo la imperiosa necesidad de realizar estudios energéticos previos para diagnosticar la situación del sistema eléctrico y encontrar áreas de oportunidad en ahorro energético y sustentabilidad.

Conceptos como “mayor calidad”, “mayor eficiencia”, “mayor ahorro” en procesos industriales ha generado el surgimiento de diversas certificaciones de calidad, estándares de sustentabilidad y normas de eficiencia energética por parte de organismos públicos y privados con la finalidad de mejorar dichos procesos.

El presente proyecto propone la realización de un estudio de calidad de la energía con dos finalidades, por una parte determinar las áreas de mejora con mayor impacto energético y por otra establecer los niveles mínimos de calidad de la energía para la creación de una política energética con el fin de obtener la certificación ISO 50001, teniendo como contexto del ramo papelerero.

El análisis de la calidad de la energía del sistema eléctrico de la empresa papelerera, se realizó utilizando la metodología de La Norma IEC-61000-4-30 “*Testing and measurement techniques- Power quality measurement methods*” y arrojó que la calidad de la energía del sistema eléctrico está dentro de los valores indicados por las normas UNE-EN 50160 y la IEEE 519-1992 así como también se determinó que los niveles mínimos de calidad de la energía para la creación de una política energética con el fin de obtener la certificación ISO 50001 son los requeridos por las normas UNE-EN 50160 y la IEEE 519-1992.

ABSTRACT

The increase in the implementing renewable energy systems in the productive sectors in order to generate energy and economic savings is increasing, this brings the urgent need for previous energy studies to diagnose the situation of the electricity system and find areas of opportunity in energy savings and sustainability.

Concepts like a "higher quality", "more efficient ", "big savings" in industrial processes has led to the emergence of various quality certifications, standards of sustainability and energy efficiency standards by public and private agencies in order to improve those processes.

This project proposes a study of power quality for two purposes, firstly to determine areas for improvement with greater energy impact and the other set minimum quality levels of energy for the creation of an energy policy in order to obtain the ISO 50001 certification, with the context of papermaking industries.

The analysis of the power quality of the electrical system of the paper company, was using the methodology of IEC - 61000-4-30 "Testing and measurement techniques-Power quality measurement methods" and found that the quality of energy power system is within the values indicated by the UNE -EN 50160 and IEEE 519-1992 and also determined that the minimum levels of power quality for the creation of an energy policy in order to obtain certification ISO 50001 are required by the UNE -EN 50160 and IEEE 519-1992 .

INTRODUCCIÓN

Gracias al vertiginoso avance de la tecnología y a la constante búsqueda de la eficiencia en cualquier proceso productivo, la mayoría de las empresas implementan un sin número de componentes eléctricos y electrónicos para llevar a cabo el control de algún sistema, transmitir y recibir datos, automatizar un proceso, optimizar un sistema y frecuentemente para facilitar alguna actividad. Esto trae bastantes beneficios tanto técnico-operativos como económico-administrativos ya que esto aumenta la eficiencia del proceso y genera ahorros económicos. En base a esto pudiese pensarse que el sistema o proceso es 100% eficiente, pero el uso de la electrónica trae consigo una serie de alteraciones o “impurezas” que “contaminan el sistema eléctrico”, por llamarlo de alguna manera, que provocan perturbaciones en el sistema eléctrico y reducen la calidad de la energía eléctrica, siendo a su vez esta la carga mas sensible ante la baja calidad de la energía.

Las razones por las cuales es importante el análisis de la calidad de la energía son que conforme avanza la tecnología y se automatizan procesos, la utilización de elementos electrónicos de control va en aumento, estos aditamentos son cada vez más sensibles a la variación de ciertos parámetros eléctricos.

Por otro lado, el auge de conceptos como “mayor calidad”, “mayor eficiencia”, en cualquier proceso ha traído como resultado la implementación de equipos de alta eficiencia como variadores de velocidad para maquinas eléctricas rotantes, arrancadores y capacitores, los cuales provocan una distorsión en la forma de onda de voltaje y corriente, lo que trae consigo una baja en la calidad de la energía.

Harper (2008) argumenta que el principal factor que se encuentra detrás de los conceptos de la calidad de la energía es el incremento en la productividad.

ANTECEDENTES

Calidad de la energía

No existe una definición para el concepto de calidad de la energía o compatibilidad electromagnética, algunos autores la definen como:

“La ausencia de interrupciones, sobretensiones, deformaciones producidas por armónicos en la red y variaciones de voltaje rms suministrado al usuario, estabilidad del voltaje, frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico”. (Harper, 2009).

“La habilidad de un dispositivo o sistema para funcionar satisfactoriamente sin introducir disturbios intolerables a otros dispositivos conectados al sistema de suministro eléctrico”. (Leal, 2008).

“Por calidad de la energía eléctrica se entiende cuando esta es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita su funcionamiento sin que se afecten y provoquen fallas a sus componentes”. (Ferracc, 2004) En (Oms, 2008).

“La ausencia de disturbios, deformaciones de la onda sinodal, estabilidad de la frecuencia, continuidad del servicio y de un adecuado factor de potencia”. (Leyva, 2006).

Se tiene un problema en la calidad de la energía cuando:

“Cualquier problema de energía manifestado en una desviación de voltaje, corriente o frecuencia que se traduce en falta o mal funcionamiento de los equipos del cliente”. (Dugan, McGranaghan, Santoso, & Wayne Beaty, 2003).

Calidad de la energía vagamente definido es: “El estudio de la alimentación y conexión a tierra de sistemas electrónicos a fin de mantener la integridad de la energía suministrada al sistema. (Kusko & Thompson, 2007).

Para la IEEE 1159 Standard define la calidad de la energía como: “El concepto de alimentación y conexión a tierra de equipo sensible de una manera que sea adecuada para el funcionamiento de dichos equipos”. (IEEE, 1995).

En el IEEE 100 Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms (diccionario autorizado de términos de normalización de la IEEE), se define de la siguiente

manera: “El concepto de alimentación y conexión a tierra de equipos electrónicos de una manera que sea adecuado para el funcionamiento de dichos equipos y compatible con el sistema de cableado y otro equipos conectados. (IEEE, 1995).

De la misma manera el Manual de Normas de Ingenieros Eléctricos establece lo siguiente: “La buena calidad de la energía no es fácil de definir, porque lo que es buena calidad de la energía para un motor de un refrigerador no puede ser lo suficientemente bueno hoy en la actualidad para una computadora personal y otras cargas sensibles”. (Manual de Normas de Ingenieros Eléctricos).

A partir de estas enunciaciones se puede definir que la calidad de la energía es:
Si un equipo o sistema eléctrico opera bajo condiciones adecuadas de voltaje, corriente y frecuencia, sin introducir alteraciones que afecten a otros dispositivos conectados al sistema o a la continuidad del servicio eléctrico.

Factores de Pérdida de la Calidad

En la época reciente anterior el concepto “calidad” se limitaba a las características del suministro.

En nuestro país se estipulan los siguientes puntos:

- Límites de la tensión: *alto – bajo*, marcados por la L.S.P.E.E. (ley del servicio público de la energía eléctrica)
- La frecuencia y la forma de onda, en términos prácticos se considera 100% normal. ($f = 60$ Hz.)
- Continuidad: Muy deficiente, siendo esta la *principal deficiencia* de la calidad.

El Escenario Anterior en la Utilización de la E.E.

- Las cargas utilizadas eran principalmente lineales.
- La rectificación de la **C.A.** era poco utilizada o muy especializada.

- Los accionamientos motrices de velocidad variable eran principalmente mecánicos del tipo de transmisiones de paso variable. los eléctricos eran a base de motores y generadores de **C.D.** (*Grupos motor C.A. – Generador C.D. – Motor C.D.*).
- Los motores de **C.A.** de inducción no eran de velocidad variable.
- La electrónica de potencia era de muy baja escala, pocos semiconductores o eran inexistentes a nivel general.
- Los requerimientos de **C.D.** se obtenían a base de grupos motor **C.D.** – generador de diversas capacidades.
- El alumbrado seguía teniendo una fuente proporción de lámparas incandescentes.
- Los motores de **C.A.** eran de eficiencia “normal” y un F.P. de 80%.
- Las penalizaciones por bajo F.P. eran de < 80% y había poca preocupación “por instalar capacitores”.
- No había demasiada conciencia sobre la eficiencia energética y por la preservación del medio ambiente.
- No había computadoras y equipos con microelectrónica que fueran afectadas por la “calidad” de la E.E.

El Escenario Actual

- La electrónica de potencia reemplaza a los voluminosos y pesados equipos *motor – generador de C.D.* para la obtención de **C.D.** a partir de la **C.A.** (rectificación) en todos los campos de utilización de C.D. comenzando la aparición de las cargas *no lineales*.
- Los accionamientos por tiristores (cargas no lineales) han convertido a los motores de **C.A.** de velocidad fija en motores de velocidad variable.
- El alumbrado ha sido cubierto prácticamente por lámparas fluorescentes y de descarga en general de mercurio y sodio, (cargas no lineales) reemplazando a las viejas lámparas incandescentes.
- La penalización del F.P.. ha sido elevada a 0.9 generalizando la utilización de los capacitores.

- La eficiencia de los motores de C.D. y equipos eléctricos en general ha sido elevada a la calificación de “*alta eficiencia*” y con un F.P. de diseño de 0.9.
- El concepto de eficientización en la conversión de la energía, vía incentivos en el costo de la energía eléctrica, ha sido altamente promovido a niveles industrial, comercial y doméstico (con las lámparas ahorradoras por ejemplo), y ha provocado el aumento de cargas no lineales.
- La computación ha invadido todas las órdenes de la vida. (aumento de cargas no lineales).
- La automatización a base de la microelectrónica y de los servo-mecanismos para toda clase de aplicaciones, son parte de la vida actual, es decir una mayor cantidad de cargas no lineales y además críticas en cuanto a la calidad de la energía eléctrica.
- La microelectrónica es la base del moderno control, pero son pequeñas cargas altamente sensibles a la calidad de la energía.

Cargas no Lineales del Usuario

Las siguientes cargas son las principales causantes de la producción de las corrientes armónicas y de las distorsiones de las formas de onda introducidas en toda clase de instalaciones de utilización de la energía eléctrica.

- a) La electrónica de potencia esta representada en general por:
 - Rectificadores.
 - Accionamientos.
 - Inversores de frecuencia para motores de C.A.
 - Servomecanismos de todo tipo.
- b) Hornos de arco y soldadoras en general.
- c) Alumbrado fluorescente y lámparas de arco en general.
- d) Equipos de cómputo y sus accesorios.

Resultados de la Mala Calidad de la E. E.

- a).- Capacitores para la colección del factor de potencia.- Las armónicas en conjunto con los capacitores, provocarán las frecuencias de resonancia que serán capaces de destruirlos.
- b).- Microelectrónica de control.- Muy sensible ante la falta de una onda sinodal “limpia” y del voltaje y frecuencia correctos, provocará fallas en los sistemas de control.
- c).- Baja eficiencia en general del sistema eléctrico.- Tanto las armónicas como las variaciones de tensión, provocarán aumento de pérdidas por efecto joule, al generarse calentamientos indebidos en cables, transformadores y motores, así como la correspondiente descalibración de las protecciones, que provocarán falsas alarmas, interrupciones indebidas y fallas en la continuidad del servicio. (Leyva, 2006).

Normas de la calidad de la energía

Existen diversos estándares o normas que abordan las cuestiones de calidad de la energía en los sistemas eléctricos. Las normas son necesarias para todos los usuarios finales (industrial, comercial y residencial) la transmisión y distribución.

Las normas también definen los límites recomendados para los eventos que degradan la calidad de energía.

IEEE 519-1992

Entre estas normas podemos mencionar la IEEE 519-1992 relativa a “Prácticas recomendadas y requerimiento para el control de armónicos en Sistemas Eléctricos de Potencia”. Los temas básicos de esta norma son dos: en primer lugar el suministrador tiene la responsabilidad de producir ondas senoidales de tensión de buena calidad y en segundo lugar el usuario final tiene la responsabilidad de limitar las corrientes armónicas de sus circuitos obtenidos desde la línea.

Los límites que marca esta norma en cuanto a distorsión armónica en el punto de acoplamiento común (figura 1) se muestran en la tabla 1 y tabla 2.

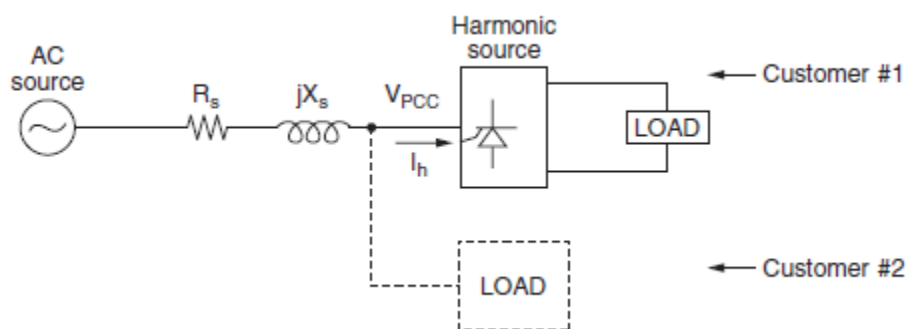


Figura 1.- Generación de armónico de carga causando distorsión de tensión en el punto de acoplamiento común PCC. (Kusko & Thompson, 2007).

Tabla 1

Limites de distorsión de voltaje		
Voltaje en el bus de PCC	% de distorsión individual de voltaje	% de distorsión total de voltaje (THD)
≤ 69 Kv	3	5
69.001 Kv hasta 161 Kv	1.5	2.5
161.001 Kv y por encima	1	1.5

Tabla 1.- Limite de distorsión de voltaje. (IEEE, IEEE Standars 519, 1992).

Nota: Sistemas de alta tensión puede tener un máximo de 2,0% THD.

Tabla 2

Limites de distorsión armónica para sistemas generales de distribución						
120 v hasta 69000 v						
Máxima distorsión de corriente armonica en porcentaje de IL						
Orden armónico individual (Armónicas impares)						
Isc / IL	< 11	11≤h≤17	17≤h≤23	23≤h≤35	35≤h	TDD
< 20*	4	2	1.5	0.6	0.3	5
20 < 50	7	3.5	2.5	1	0.5	8
50 < 100	10	4.5	4	1.5	0.7	12
100 < 1000	12	5.5	5	2	1	15
> 1000	15	7	6	2.5	1.4	20
Los armónicos pares están limitados a 25% de los límites armónicos impares anteriores						
Las distorsiones de corriente se traducen en un desplazamiento de C.D., ejemplo: Los convertidores de media onda no estan permitidos						
*Todos los equipos de generación de energía se limita a estos valores de distorsión de corriente, independientemente de la Isc /IL real.						
Donde:						
Isc: Maxima corriente de corto circuito en el punto de acoplamiento común, PCC.						
IL: Máxima corriente demandada por la carga (componente de frecuencia fundamental) en PCC.						

Tabla 2.- Limite de distorsión de corriente. (IEEE, IEEE Standars 519, 1992).

EN 50160

La UNE EN 50160 referente a características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución. Dicha norma fue publicada en enero de 2001, es la versión oficial, en español, de la norma EN 50160, publicada por CENELEC en noviembre de 1999. Los miembros del CENELEC están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC, que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse sin modificaciones la norma europea como norma nacional.

Los miembros del CENELEC son los Comités electrotécnicos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reunión Unido, Republica Checa, Suecia y Suiza.

Según la norma EN 50160 el proveedor es la parte que proporciona electricidad a través de un sistema de distribución público y el usuario o cliente es el comprador de la electricidad al proveedor. El usuario tiene derecho a recibir del proveedor una calidad de la energía adecuada.

Dentro de las características de tensión la norma IEC 038 distingue dos tensiones diferentes en las redes e instalaciones eléctricas:

- Tensión de entrada, que es la tensión entre fases o entre fase y neutro en el PCC, es decir, en el punto principal de suministro a la instalación.
- Tensión de servicio, que es la tensión entre las fases o entre fase y neutro en la toma de corriente o terminal del dispositivo eléctrico.

En la norma EN 50160 se definen varios parámetros de tensión. Los más importantes son:

- Tensión de alimentación: es el valor eficaz de la tensión en un momento determinado, en el PCC, medido durante un determinado intervalo de tiempo dado.
- Tensión nominal de una red (U_n): es la tensión por la cual se designa o identifica un sistema y que sirve de referencia para determinadas características de funcionamiento.
- Tensión de entrada declarada (U_c): generalmente es la tensión nominal U_n del sistema. Si, por acuerdo entre el proveedor y el usuario, se aplica al terminal una tensión diferente a la nominal, esta tensión es la tensión de entrada declarada.
- Condiciones normales de funcionamiento: son las condiciones que permiten satisfacer la demanda de la carga, las maniobras de la red y la eliminación de los fallos del sistema automático de protección, en ausencia de condiciones excepcionales debidas a influencias externas o a causas de fuerza mayor.
- Variación de tensión: es un aumento o disminución de la tensión debida normalmente a la variación de la carga total de la red de distribución o una parte de esa red.
- Parpadeo (flicker): impresión de inestabilidad de la sensación visual debida a un estímulo luminoso, en el cual la luminancia o distribución espectral fluctúan en el tiempo.

- Severidad del parpadeo: intensidad de la molestia producida por el parpadeo, definida mediante el método de medición del parpadeo de UIE-IEC y evaluada por medio de las magnitudes siguientes:
 - Severidad de corta duración (P_{st}): medida en un periodo de 10 minutos.
 - Severidad a largo plazo (P_{lt}): calculada a partir de una secuencia de 12 valores de P_{st} medidos en un intervalo de dos horas según la siguiente expresión:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{st}^3}{12}}$$

- Huevo de la tensión de alimentación: disminución brusca de la tensión de alimentación hasta un valor situado entre el 90% y el 1% de la tensión declarada U_c , seguida del restablecimiento de la tensión después de un periodo de tiempo corto. Generalmente el tiempo de duración esta comprendida entre 10ms y 1 minuto. La profundidad de la caída de tensión se define como la diferencia entre la tensión eficaz mínima durante el huevo de tensión y la tensión declarada. Las variaciones de tensión que no reducen la tensión de entrada a menos de un 90% de la tensión declarada U_c no se consideran huecos de tensión.
- Interrupción del suministro: es una condición en que la tensión en los terminales de entrada es inferior al 1% de la tensión declarada U_c , las interrupciones de suministro se clasifican en:
 - Previstas: cuando los usuarios son informados de antemano para permitir la ejecución de trabajos programados en la red de distribución.
 - Accidentales: cuando están provocados por fallos permanentes (interrupciones de más de 3 minutos) o transitorios (interrupciones de hasta 3 minutos), relacionados principalmente con incidentes externos, fallos de equipos o interferencias.
- Sobretensiones temporales a la frecuencia de la red: tiene una duración relativamente larga, normalmente de unos cuantos periodos de frecuencia de la red, y se originan principalmente por operaciones o fallos de conmutación, por ejemplo, una reducción brusca de carga o desconexión de circuitos.
- Sobretensiones transitorias: son sobretensiones oscilatorias o no oscilatorias de corta duración, generalmente fuertemente amortiguadas que duran como máximo

unos pocos milisegundos, o menos, originadas por rayos o por operaciones de conmutación, por ejemplo, interrupción de una corriente inductiva.

- Tensión armónica: es una tensión senoidal cuya frecuencia es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de la tensión de alimentación. Las tensiones armónicas pueden evaluarse:
 - Individualmente: por su amplitud relativa U_h con relación a la tensión fundamental U_1 donde h es el orden armónico.
 - Globalmente: es decir, según el valor de la tasa de distorsión armónica total de la tensión THD_U calculada mediante la siguiente expresión:

$$THD_U = \sqrt{\frac{\sum_{h=2}^{40} (U_h)^2}{U_1}}$$

- Tensión interarmónica: es una tensión senoidal cuya frecuencia se sitúa entre las frecuencias de los armónicos, es decir, la frecuencia es un múltiplo no entero de la fundamental.
- Desequilibrio de la tensión: es una condición en la que los valores eficaces de las tensiones de fase o de los ángulos de fase entre fases consecutivas de un sistema trifásico no son iguales.

La norma EN 50160 proporciona los principales parámetros de tensión y los correspondientes márgenes de desviación permisibles en el punto PCC del usuario en sistemas públicos de distribución de electricidad en baja tensión (BT) y de media tensión (MT), en condiciones de funcionamiento normales.

En la tabla 3 se muestran las características de la tensión de suministro de acuerdo a la norma EN 50160. (Markiewicz & Klajn, 2004).

Tabla 3

No	Parametro	Características de tensión de entrada
1	Frecuencia	BT, MT: valor medio de la fundamental medida a lo largo de 10 seg. ± 1% (49.5-50.5 Hz) durante el 99.5% de la semana. -6%/+4% (47-52 Hz) durante el 100% de la semana.
2	Variaciones de la tensión suministrada	BT, MT: ±10% durante el 95% de la semana, media de valores eficaces medidos en periodos de 10 minutos. (figura 2)
3	Cambios bruscos de tensión	BT: 5% normal 10% infrecuente Pit ≤ 1 para el 95% de la semana MT: 4% normal 6% infrecuente Pit: ≤ 1 para el 95% de la semana
4	Huecos en la tensión suministrada	La mayoría: duración < 1 seg., caída <60% Caídas locales limitadas causadas por una carga al conectarse: BT: 10-50% MT: 10-50% (figura 2).
5	Interrupción breve de la tensión de suministro	BT,MT: hasta 3 minutos. Pocas decenas- pocas centenas al año. Duración del 70% de las interrupciones < 1 seg.
6	Interrupción prolongada de la tensión de suministro	BT,MT: mayor de 3 minutos. < 10-50 / año.
7	Sobretensión temporal a la frecuencia de la red	BT: < 1.5 Kv rms MT: 1.7 Uc (directamente a tierra o a través de una impedancia), 2.0 Uc (sin toma de tierra o tierra compensada).
8	Sobretensiones transitorias	BT: generalmente < 6Kv, ocasionalmente mayor, tiempo de subida: ms-µs. MT: No definido
9	Desequilibrio de tensión de suministro	BT, MT hasta 2% durante el 95% de la semana, media de valores eficaces medidos en periodos de 10 min., hasta el 3% en algunos lugares.
10	Tensión armónica	BT, MT: véase Tabla 4
11	Tensión interarmónica	BT, MT: en estudio

Tabla 3.- Características de tensión de suministro. (Markiewicz & Klajn, 2004)

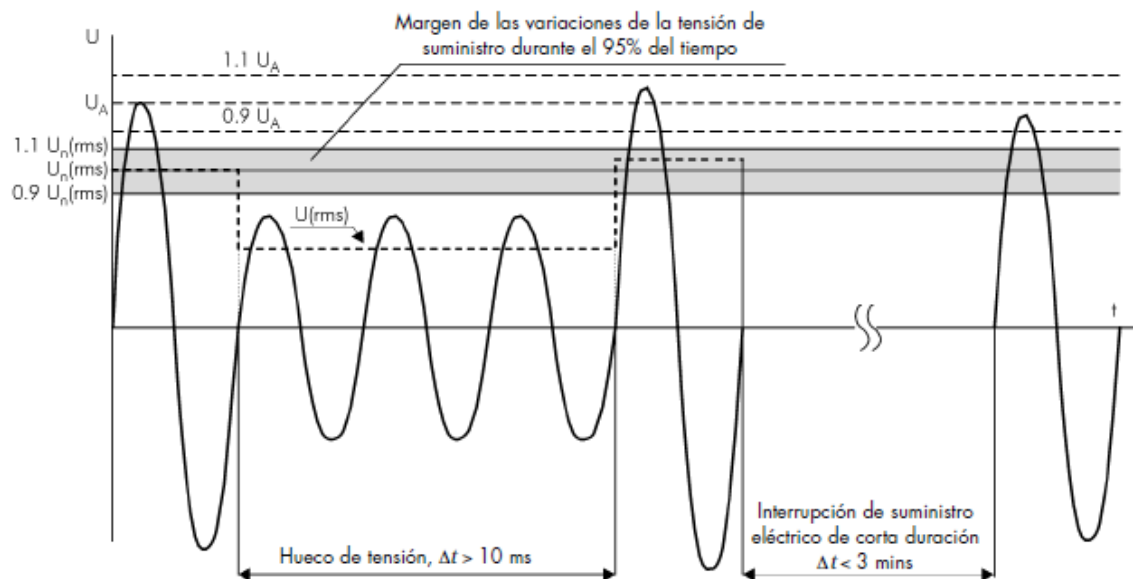


Figura 2.- Ilustración de un hueco de tensión y de una interrupción breve del suministro eléctrico, clasificadas según la EN 50160. (Markiewicz & Klajn, 2004)

La norma EN 50160 presenta limitaciones adicionales. No se puede aplicar en condiciones de funcionamiento anormales, entre las que se encuentran las siguientes:

- Condiciones que se producen como consecuencia de un fallo temporal o de una avería en el suministro.
- En el caso de avería de una instalación o del equipo del cliente, que impida que se puedan cumplir las especificaciones correspondientes o no cumpla los requisitos técnicos requeridos para la conexión de las cargas a la red de suministro.
- En el caso de dificultades de la instalación generadora para cumplir las normas relativas o las preinscripciones técnicas para su interconexión con el sistema de distribución de electricidad.
- En situaciones excepcionales fuera de control del proveedor de electricidad, en particular:
 - Condiciones climatológicas excepcionales u otros desastres naturales.
 - Interferencias de terceros.
 - Actuaciones de las autoridades públicas.
 - Acción industrial (sometidas a requerimientos legales).
 - Causas de fuerza mayor.

- Cortes de energía causados por incidentes externos.

Como muestra la tabla 3 los requisitos no son especialmente rigurosos para el proveedor. Las numerosas situaciones en las que la norma no es aplicable pueden excusar la mayoría de los cortes de energía y las perturbaciones de la tensión que se presentan en la práctica. Por lo tanto, muchos suministradores interpretan los requisitos de la EN 50160 como meramente informativos y no aceptan responsabilidad alguna cuando se superan los límites. (Markiewicz & Klajn, 2004).

Tabla 4

Armónicos impares				Armónicos pares	
No múltiplos de 3		Múltiplos de 3			
Orden h	Tensión relativa (%)	Orden h	Tensión relativa (%)	Orden h	Tensión relativa (%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1.5	4	1
11	3.5	15	0.5	6...24	0.5
13	3	21	0.5		
17	2				
19	1.5				
23	1.5				
25	1.5				

Tabla 4.- Valores de las tensiones armónicas individuales en los terminales de entrada para ordenes de hasta 25, dados en % de Un

ANSI C84

La norma ANSI C84 donde se especifica los rangos de voltaje para el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) por sus siglas en ingles, en servicio de 120 v.

En la figura 3 se muestran los rangos de voltaje, por medio de la etiqueta "A" y "B". La etiqueta "A" es el rango de voltaje óptimo, y es de 5 por ciento de la tensión nominal. Para 120 V de servicio, el rango de A es de 114 V hasta 126 v.

Para el rango "B" es aceptable pero no óptimo, y está en el intervalo de 91.7% a 105.8% por ciento del valor nominal. Este intervalo es permisible para el uso poco frecuente. Tenga en cuenta que los huecos de tensión y sobretensiones pueden ir más allá de estos límites. (Kusko & Thompson, 2007)

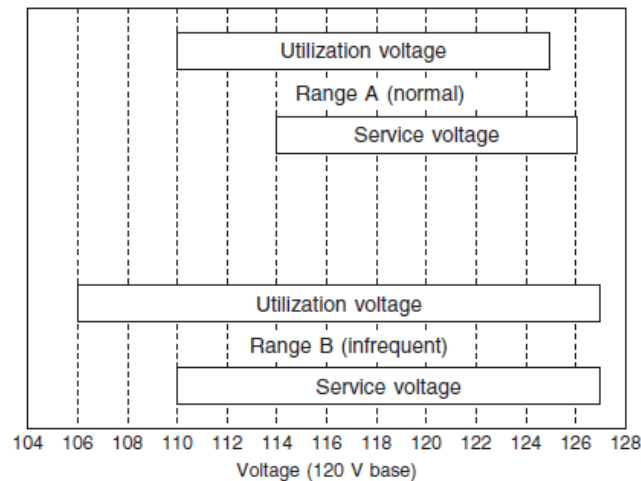


Figura 3.- Vista grafica de los rangos de voltaje en servicio de 120 v según la ANSI. (Kusko & Thompson, 2007)

Así mismo dentro de los aspectos de calidad de la energía existe normalización de la protección contra transitorios. Los estándares establecidos por IEEE, UL, ANSI, NEC y otras instituciones, proveen uniformidad en materia de los dispositivos de protección contra transitorios. Los estándares ofrecen parámetros de prueba que permiten comparar y clasificar los dispositivos de protección contra transitorios:

ANSI/IEEE C62.41 1991

El documento ANSI “Práctica Recomendada en Sobretensiones en Circuitos de Potencia CA de Baja Tensión” define las pruebas de sobretensión recomendada.

IEEE 1100 1992

Libro Esmeralda, intitulado “Práctica Recomendada para Alimentación y Conexión a Tierra de Equipo Electrónico Sensible” es el libro de referencia estándar para soluciones de calidad de energía a escala de una planta.

El alcance definido de la publicación es “recomendar prácticas de diseño, instalación y mantenimiento para suministrar energía eléctrica y conectar a tierra equipos electrónicos sensibles utilizados en aplicaciones comerciales e industriales”. (Leyva, 2006).

CFE y la Calidad de la Energía

En México no existen normas nacionales equivalentes como tal, por lo que Comisión Federal de Electricidad (CFE) se ah dado a la tarea desde 2008 en buscar un camino hacia la normalización.

La CFE, se dedica a generar, transmitir, distribuir y comercializar la energía eléctrica, tiene 25.8 millones de clientes. De los cuales la distribución de clientes es la siguiente:

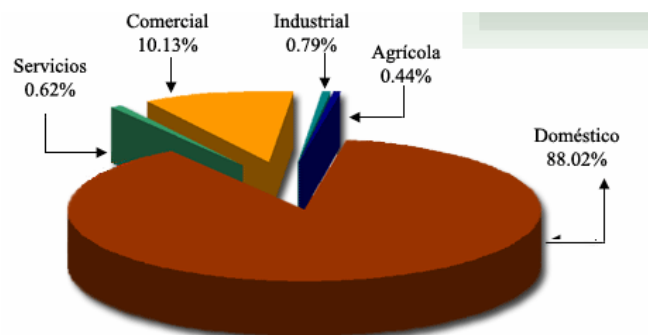


Figura 4.- Distribución de clientes por sector. (Leal, 2008)

Los estándares actuales de calidad de la CFE están centrados básicamente en un par de aspectos, la calidad en el servicio y la calidad del suministro, evaluando a través de indicadores el desempeño de la empresa.

La calidad de la energía puede ser vista bajo diferentes perspectivas:

- La del consumidor, viendo la afectación de las variaciones de la tensión eléctrica en sus equipos.
- La del fabricante de equipos, determinando una tolerancia en sus equipos para evitar daños permanentes.
- La del suministrador, viendo las características de las corrientes consumidas por sus clientes y las posibles afectaciones a la red derivados de la “calidad del consumo”. (Leal, 2008).

Debido a que la electricidad es un producto y CFE es el suministrador de ese producto, CFE queda sujeto a las responsabilidades asociadas por los daños ocasionados por un producto defectuoso. Esto trae consigo determinar las características del producto, las cuales obviamente deben de ser medidas, predichas, garantizadas y mejoradas. Este es un motivo sólido para hacer necesaria una reglamentación que regule las características de dicho producto, la forma en que el mismo debe de ser adquirido por el consumidor y las responsabilidades de cada una de las partes.

La CFE considera que la calidad de la energía participa de manera sustantiva en la modernización del sector eléctrico y de la industria, por lo que el definir los estándares y características del producto es indispensable. Así mismo, es relevante e indispensable que el cliente del servicio eléctrico, entienda las características del producto y su compromiso al adquirirlo; de tal forma que sean consientes y tengan el ánimo de usar la información para proteger adecuadamente sus equipos y minimizar el impacto de los distintos fenómenos que se presentan en la red eléctrica.

CFE por conducto de la Gerencia de Normalización ha conformado un grupo de trabajo con la intervención y representación de los procesos operativos; Generación, Transmisión, Distribución, el Centro Nacional de Control de Energía, CENACE; así como de la participación del Laboratorio de Pruebas y Ensayos de Materiales, LAPEM, y la Unidad de Ingeniería Avanzada, UIE, para desarrollar un documento normativo en el cual describa los estándares y las características del

producto entregado al cliente; así como las recomendaciones y obligaciones de los centros de consumo para que no se contaminen a si mismo o la red eléctrica derivado de las características de sus equipos de consumo.

Para definir el producto y sus características el grupo de trabajo se ha dedicado a elaborar la descripción de las características de la tensión eléctrica entregada al consumidor.

Clasificando las características, es posible dirigir la atención en tres áreas específicas para un mejor entendimiento del desarrollo de documento normativo de la calidad de la energía:

Estabilidad de la tensión.

En esta área se puede referir a todos los eventos que ocasionan sobretensiones, baja tensiones, *sag*, *swells*, fluctuaciones de tensión, desviación de la frecuencia fundamental.

Continuidad en el servicio

Son todos aquellos eventos que provocan interrupciones momentáneas, interrupciones temporales e interrupciones sostenidas.

Distorsión de la forma de onda

En esta área queda ubicados los eventos que provocan distorsión en la forma de onda tales como: transitorios, distorsión armónica, *notches*, ruido.

Requisitos de medición

Actualmente los requerimientos de los equipos de medición instalados en los puntos de la red eléctrica con el propósito de intercambio y/o entrega de energía eléctrica están especificados exclusivamente en parámetros de demanda eléctrica (kW), energía activa (kWh), energía reactiva (kvarh), así como de valores instantáneos tales como: tensión eléctrica (V), (A), factor de potencia, etc.

Para definir los requerimientos de los equipos de medición de parámetros de calidad de la energía, es necesario evaluar las propiedades del producto, es decir de la tensión eléctrica.

Se puede describir los valores que caracterizan a la tensión, a través de su:

- Frecuencia.

- Amplitud.
- Forma de onda.
- Simetría.

Lo siguiente es definir los parámetros que deben de vigilarse en los puntos de intercambio de energía, en ese sentido la experiencia internacional, específicamente en la unión europea han desarrollado el documento UN-EN-50160 “Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución”. En este se proporcionan las recomendaciones de los parámetros que deben de medirse como un compromiso del suministrador con el cliente.

La propuesta de CFE es que el aparato de medición de calidad de energía eléctrica concentre en los siguientes parámetros:

- Frecuencia.
- Amplitud de la tensión.
- Variaciones de la tensión.
- Variaciones rápidas de la tensión.
- *Sag, dips*, huecos de tensión.
- Interrupciones breves de la tensión.
- Interrupciones largas de la tensión.
- Sobretensiones temporales.
- Sobretensiones transitorias.
- Desequilibrio de la tensión.
- Tensiones armónicas.
- Tensiones interarmónicas.
- Transmisión de señales de información por red.

Además de seguir la metodología de La Norma IEC-61000-4-30 “*Testing and measurement techniques- Power quality measurement methods*”, y la norma PROY-NMX-J-550/4-30-ANCE-2007, que además de describir la metodología de la medición proporcionan la interpretación de resultados para los parámetros enlistados en la referencia EN50160. (Leal, 2008).

Disturbios

Variaciones de tensión

SAG

El sag es una reducción en la frecuencia de alimentación del voltaje de alimentación rms, para duraciones desde medio ciclo hasta unos cuantos segundos. (IEEE, IEEE Std 1100-1992).

El sag tiene una probabilidad de incidencia del 60% al 85%. Las causas probables de un sag en la red del proveedor es porque se pueden presentar condiciones de falla en sus líneas aéreas provocadas por:

- Corto circuito en algún punto remoto de la red.
- Recierre de circuitos.
- Ramas de árboles, animales y objetos impulsados por el viento sobre las líneas.

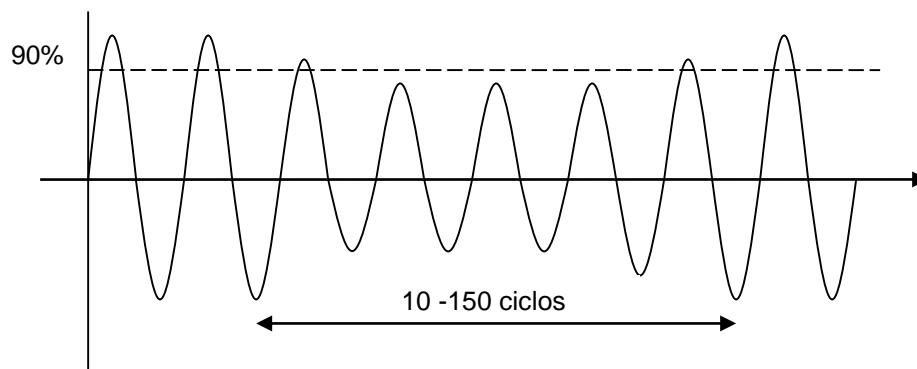


Figura 5.- Sag. (Leyva, 2006).

SWELL

El swell es un incremento en el voltaje de rms, de la frecuencia de alimentación, para duraciones desde medio ciclo hasta unos pocos segundos. (IEEE, IEEE Std 1100-1992, 1992). El swell tiene una probabilidad de incidencia del 0.5% al 2%.

Las causas probables de un swell en la red del proveedor es por:

- Cambios súbitos de carga
- Fallas de reguladores de tensión de subestaciones de potencia.

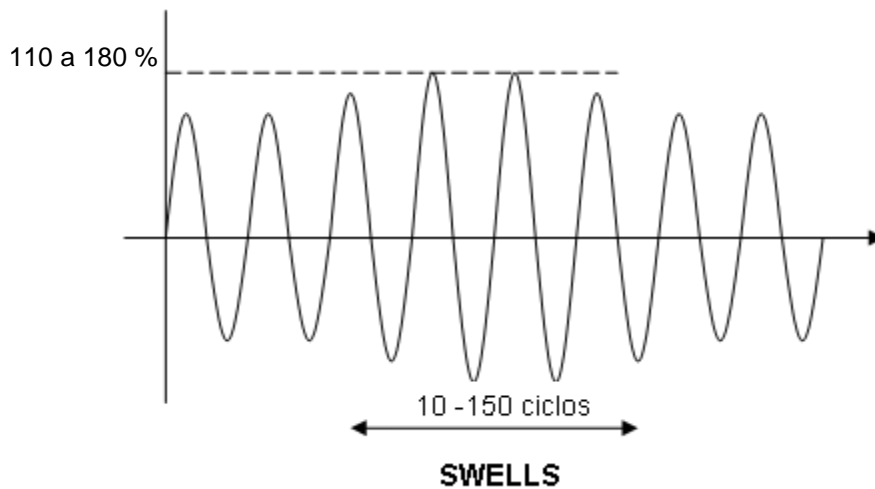


Figura 6.- Swell. (Leyva, 2006).

SUBVOLTAJE

Disminución en el voltaje rms de corriente alterna, a la frecuencia de alimentación, para una duración mayor que unos pocos segundos. (IEEE, IEEE Std 1100-1992, 1992).

TRANSITORIO

Una perturbación en la forma de onda en el subciclo de corriente alterna que es evidenciada por una brusca y breve discontinuidad en la forma de onda. Puede ser de cualquier polaridad y puede ser aditiva o sustractiva de la forma de onda nominal. (IEEE, IEEE Std 1100-1992, 1992).

Presentan un valor típico entre 200 – 300% del valor rms (en otros casos hasta de miles de veces) y con duración menor a medio ciclo (8 mseg.) y tienen una probabilidad de incidencia de 7 a 20%. (Leyva, 2006).

Pueden ser de dos tipos: impulsos y oscilatorios

Impulsos.- Son cambios repentinos de la tensión en una sola dirección (positiva o negativa) con valores hasta 20 KV, amortiguados por la resistencia óhmica de la red y provocados por rayos o descargas atmosféricas. (Leyva, 2006).

Oscilatorios.- Son cambios rápidos de la tensión en ambas direcciones formando ondulaciones amortiguadas provocadas por maniobras de equipos, arqueo por cierre/ apertura de interruptores, conexión - desconexión de capacitores, etc. (Leyva, 2006).

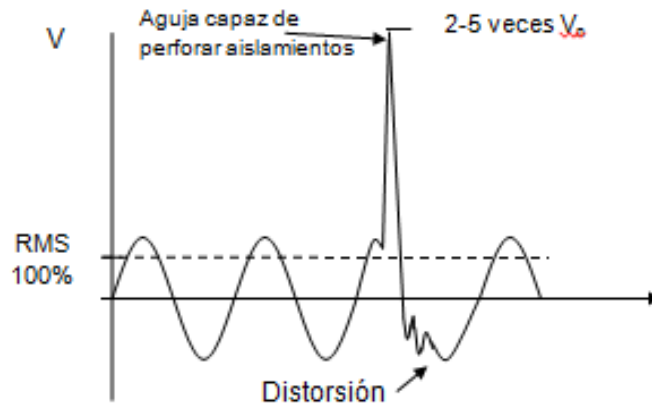


Figura 7.- Transitorio. (Leyva, 2006).

INTERRUPCIÓN

Es la pérdida completa del voltaje por un periodo de tiempo. (IEEE, IEEE Std 1100-1992, 1992).

Existen dos tipos de interrupciones: instantáneas y temporales.

Instantáneas: Estas pueden ser provocadas por transiciones de equipos de restablecimiento como restauradores y recierre de interruptores de potencia.

Temporales: Estas pueden ser provocadas por fallas o por accidentes, así como, sobrecargas y operación de protecciones.



Figura 8.- Tipos de interrupciones. (Leyva, 2006).

Disturbios del lado del usuario

Los usuarios industriales, comerciales y residenciales tienen en su sistema cargas lineales y cargas no lineales que provocan problemas en la calidad de la energía los cuales afectan a las cargas pequeñas y “sensibles” tales como:

- Equipos de cómputo
- Equipos de control con microelectrónica, como:
 - Controladores lógicos programables.
 - Controladores distribuidos de procesos
 - Variadores de velocidad
 - Robótica
- Equipos de comunicación y radiocomunicación

La IEEE en su norma IEEE std 1100-1992 define carga lineal y carga no lineal de la siguiente manera:

Carga lineal: Un dispositivo con carga eléctrica, que operando en estado estable, presenta una impedancia de carga esencialmente constante a la fuente de alimentación durante el ciclo de aplicación de voltaje.

Carga no lineal: Carga eléctrica que “dibuja o señala” una corriente discontinua o cuya impedancia varia durante el ciclo de la forma de onda de entrada de voltaje de corriente alterna.

Variaciones de tensión

De acuerdo a la clasificación de la IEEE estas variaciones, tanto de sobrevoltajes como de bajo voltajes podrán ser de corta duración (Swells y Sags) o de larga duración (mayores a 1 minuto).

Causas probables de variaciones de tensión de corta duración:

- Arranques de motores grandes o cargas de gran tamaño (hornos de arco) de una capacidad que excede la del sistema de distribución, que provocan los disturbios conocidos como “*flickers*” o parpadeos, en especial cuando estos son cíclicos.
- Fallas de corto circuito en algún alimentador o circuito derivado, que pueden llegar a abatir la tensión del sistema.

- Apertura/cierre de sus propios interruptores de potencia bajo condiciones de carga.

Causas probables de variaciones de tensión de larga duración:

- Diseño de alimentadores y/o circuitos derivados fuera de norma (sobrecargados o faltos de capacidad).
- Mala regulación de transformadores, de sus reguladores de tensión o de mala posición de los taps.
- Conexión / desconexión de bancos de capacitores (para corrección del factor de potencia) con un mal control de su carga. (Leyva, 2006).

Distorsión en la forma de onda

Entre las distorsiones en la forma de onda se encuentran las siguientes:

- Armónicas (Probabilidad de incidencia: 90%)
- Componentes de corriente directa agregada (Incidencia: 1%)
- Notching (Incidencia: 3%)
- Ruido (Incidencia 6%)
- Flicker

Armónica

Podemos definir la armónica como una onda senoidal con una frecuencia mayor a la frecuencia fundamental. En la siguiente figura se muestran algunas de ellas.

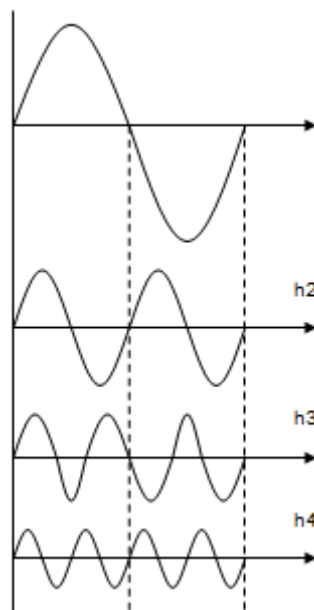


Figura 9.- Armónicas. (Leyva, 2006).

Un sistema eléctrico en presencia de armónicas desarrollara una distorsión armónica la cual se define como:

Distorsión armónica: Es la representación matemática de la distorsión de la forma de onda senoidal pura. (IEEE, IEEE Std 1100-1992, 1992).

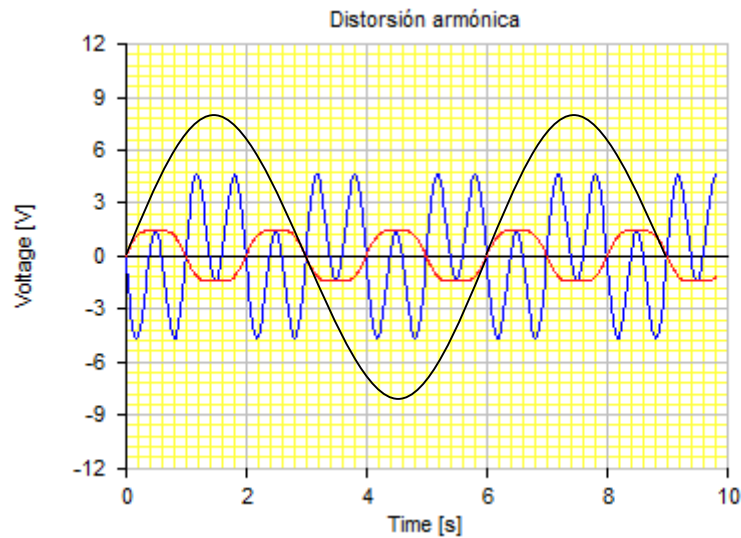


Figura 10.- Distorsión Armónica.

Factor de distorsión: Es la razón del valor rms del contenido armónico al valor rms de la cantidad fundamental, expresada como porcentaje de la fundamental. (IEEE, IEEE Std 1100-1992, 1992).

Componente de corriente agregada: algunas cargas no lineales agregan una señal de corriente directa a la señal senoidal, lo cual provoca un desfaseamiento en la señal senoidal fundamental.

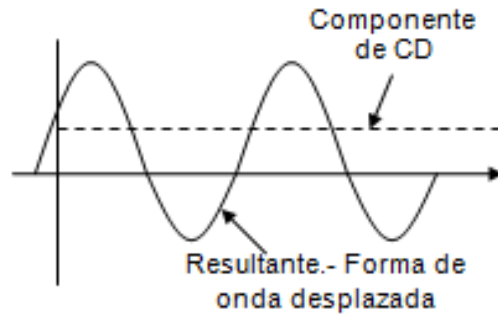


Figura 11.- Componente de CD agregada. (Leyva, 2006).

Notching (muescas): una conmutación (u otro) alteración de la forma de onda de tensión normal de alimentación, que presenta una duración menor de medio ciclo, que inicialmente es de polaridad opuesta a la forma de onda, y por tanto es sustractiva de la forma de onda normal en términos del valor pico de la tensión de perturbación. Esto incluye la pérdida completa del voltaje durante un máximo de medio ciclo. (IEEE, IEEE Std 1100-1992, 1992).

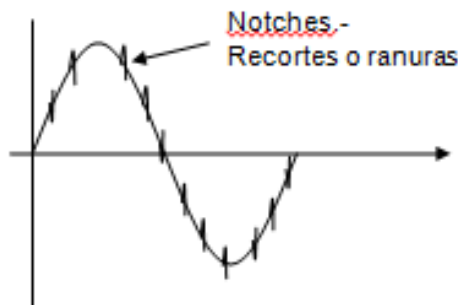


Figura 12.- Notching. (Leyva, 2006).

Ruido: El ruido eléctrico es una señal eléctrica no deseada que produce efectos indeseables en los circuitos de los sistemas de control en el que ocurren. (IEEE, IEEE Std 1100-1992, 1992).

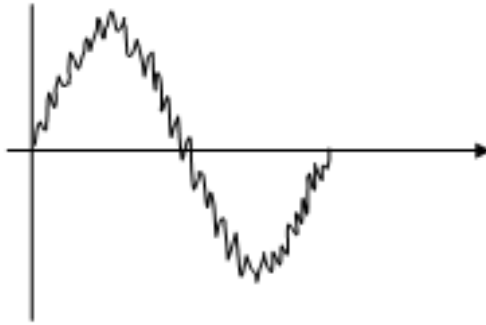


Figura 13.- Ruido. (Leyva, 2006).

Flicker (parpadeo): Una variación del voltaje de entrada suficiente en duración para permitir la observación visual de un cambio en la intensidad de la fuente eléctrica luminosa. (IEEE, IEEE Std 1100-1992, 1992).

Según la UNE-EN 50160, el flicker es la impresión de inestabilidad de la sensación visual debida a un estímulo luminoso en el cual la luminosidad o la distribución espectral fluctúan en el tiempo.

Los límites según la UNE-EN 50160, en condiciones normales de operación, para cada periodo de una semana, el nivel de severidad de larga duración del flicker P_{lt} debido a las fluctuaciones de la tensión debería ser menor o igual a 1 durante el 95% del tiempo.

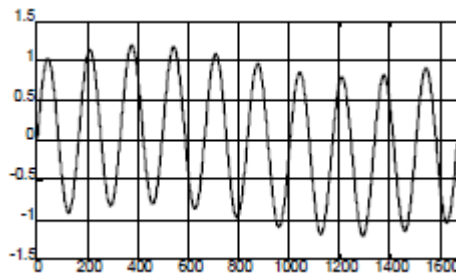


Figura 14.- Flicker o parpadeo (Jesus, Ramirez, Cruz, & Antuñano, 2011)

Medición de la calidad de la energía

IEC 61000-4-30

La Norma IEC-61000-4-30 Pruebas y técnicas de medición- Métodos de medición de la calidad de la energía. (*Testing and measurement techniques- Power quality*

measurement methods); tienen el objetivo de describir la metodología de la medición y la interpretación de resultados para los parámetros enlistados en la norma EN50160.

Se sugieren en esta norma dos tipos de clases de desempeño de la medición:

Tipo A: Recomendado a usarse en aplicaciones de medición con fines contractuales, evaluación de la conformidad con normas. Aplicaciones en donde se requiera un mínimo de incertidumbre.

Tipo B: Recomendación elaborada para aplicaciones donde no se requiere una baja incertidumbre, tales como mediciones para fines estadísticos, análisis de problemas de operación por mencionar algunos ejemplos.

La norma propone cuatro ventanas o intervalos de observación estándar:

- Ventana base de observación de 200 ms (10 ciclos para 50Hz y 12 ciclos para 60Hz), véase (1)
- Intervalos muy cortos: Promedios de 3 segundos, observando todos los ciclos.
- Intervalos cortos: Promedios y estadísticos 10 minutos.
- Intervalos largos: Promedios y estadísticos 10 minutos.

$$U_{RMS_200ms} = \sqrt{\frac{1}{200ms} \int_{-200ms} u^2(\tau) d\tau} \quad (1)$$

$$U_{RMS_3s} = \sqrt{\frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} U_{RMS_200ms}^2} \quad (2)$$

$$U_{RMS_10min} = \sqrt{\frac{1}{200} \sum_{i=1}^{200} U_{RMS_3s}^2} \quad (3)$$

$$U_{RMS_2h} = \sqrt{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{200} U_{RMS_3s}^2} \quad (4)$$

Asimismo la norma IEC-61000-4-30 propone medir distintos conceptos de forma separada, a saber:

- Medida de valores de tensión, basados en el valor eficaz de ½ ciclo, indicando intervalos de sobretensión (“swell”), baja tensión (“dip”) e interrupción.
- Medida de la frecuencia, promediando cada 10 segundos

- Medida de armónicos de tensión, por lo general se indican estadísticos con 95% de probabilidad (valor que no ha sido rebasado más que en un 5% de los ciclos).
- Medida de Flicker, en intervalos de 10 minutos (Pst) y de 2 horas (Plt).
- Medida del % de desequilibrio, usando las componentes fundamentales de U_{12} , U_{23} , U_{31} . El resultado se da en estadísticos con 95% de probabilidad.

Medida de la variación de tensión según la IEC 61000-4-30 para la clase A

La medida de frecuencia se obtiene cada 10s, como relación entre los ciclos enteros contados en un intervalo de 10s, y su duración total (que será ligeramente inferior o superior a 10s si la frecuencia es distinta a 50 Hz). Los ciclos no completos se descartan. Hay que minimizar los efectos de múltiples pasos por cero de la señal, mediante los filtros adecuados. La exactitud en la medida para equipos de clase A debe ser $\pm 0,01$ Hz.

Medición del flicker

Los medidores de 'Flicker' permiten conocer el nivel de molestia que percibiría un observador medio en el punto de la red en el que se conecte el medidor. Para ello, se emplea un algoritmo que traduce las fluctuaciones de tensión en ese punto de la red de alimentación eléctrica, en los niveles de molestia equivalentes que serían percibidos por el sistema ojo-cerebro del observador.

Índices para la evaluación del flicker

Hay dos índices básicos que se emplean para evaluar la severidad del 'Flicker'.

Pst: Evalúa la severidad del 'Flicker' a corto plazo, con intervalos de observación de 10 minutos. El valor del Pst se expresa en unidades de perceptibilidad (p.u.).

Plt: Evalúa la severidad del 'Flicker' a largo plazo, con intervalos de observación de 2 horas. Se calcula a partir de doce valores consecutivos de Pst de acuerdo con esta fórmula:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{\sum_i^{N_{Pst}} P_{st_i}^3}{N_{Pst}}}$$

Medición de armónicos

Ya que en la mayor parte de los sistemas eléctricos existe la presencia de armónicos debido a las cargas no lineales se recomienda realizar la medición de acuerdo a las siguientes características.

Equipo de medición

El equipo de medición de armónicas debe contar con las siguientes características:

- Medir como mínimo la armónica 25 (1500 Hz)
- Mostrar la magnitud y ángulo de las armónicas
- Mostrar valores RMS y THD como mínimo
- Contar con transductores de corriente y potencial adecuados para frecuencias de hasta 3000 Hz. Errores < 1% y < 3% TC y TP respectivamente.

Estos equipos pueden ser osciloscopios o analizadores de redes eléctricas. (Jesus, Ramirez, Cruz, & Antuñano, 2011).

Los analizadores de redes eléctricas utilizan el procedimiento de integraciones sucesivas mediante la técnica de la “transformada rápida de fourier”, dando como resultado la serie de coeficientes A_h que expresadas como relación a la amplitud A , de la fundamental, constituye el espectro de armónicas resultantes. (Leyva, 2006).

Punto de medición

Ya que se tiene el instrumento de medición se deberá identificar el punto de medición y las variables a medir.

Se deberá tomar las siguientes medidas:

- Medición de corriente de fase y neutro
- Medición de voltaje de fase
- Medición de corriente armónica (A_h) de cada armónica.
- Medición de voltaje armónico (V_h) de cada armónica.
- Medición de THD
- Medición de THD_1

- Medición de THD_v
- Medición de factor K

El punto de medición según la norma ANSI/IEEE-519-1992, deberá ser aplicada en el punto de suministro del servicio (acometida) o en el punto donde el suministrador pueda alimentar a otro usuario.

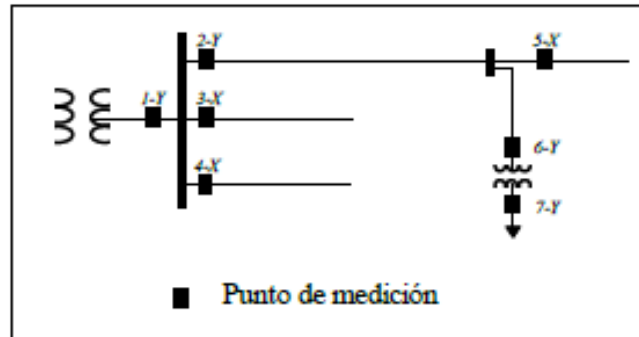


Figura 15.- Punto de medición en sistemas de distribución. (Jesus, Ramirez, Cruz, & Antuñano, 2011)

La importancia de la medición es hacerlas primeramente en el secundario del transformador principal, de tal manera que si se tiene un contenido apreciable de armónicas, se prosiga a identificar la procedencia mediante la medición y discriminación de alimentadores. (Jesus, Ramirez, Cruz, & Antuñano, 2011).

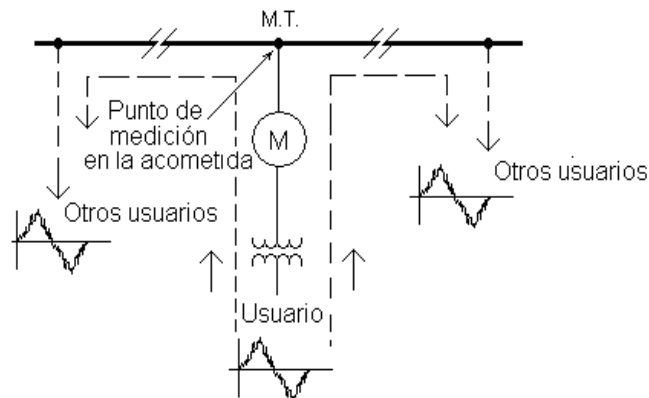


Figura 16.- Punto de medición en sistemas industriales. (Leyva, 2006).

La medición de la corriente en los bancos de capacitores da un indicativo claro de problemas de resonancia.

Es importante hacer mención de que una vez que se han observado problemas de resonancia mediante la medición en los bancos de capacitores. Es necesario hacer una vez más una serie de mediciones en la planta, pero ahora teniendo todos los bancos de capacitores fuera de operación, esto se hace con el fin de conocer la trayectoria natural de las armónicas en un sistema puramente inductivo. Claro está que en ciertos casos resulta inadmisibles sacar los bancos de capacitores de operación, pero es lo recomendable. También es importante hacer la medición a diferentes periodos del día, pues en muchos de los casos las plantas presentan una operación muy distinta durante el día. (Jesus, Ramirez, Cruz, & Antuñano, 2011).

NATURALEZA Y ALCANCE DEL PROBLEMA

Preguntas de investigación

1. ¿Cómo se relaciona la calidad de la energía con la eficiencia energética?
2. Los resultados arrojados por el estudio de calidad de la energía, ¿proporcionarán áreas de mejora para obtener un ahorro energético?
3. Los resultados arrojados por el estudio de calidad de la energía, ¿proporcionarán áreas de mejora para aumentar la producción de la empresa?

HIPÓTESIS

Un análisis de la calidad de la energía proporcionara áreas de mejora para obtener la certificación ISO 50001.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la calidad de la energía de las subestaciones en baja tensión del sistema eléctrico de la empresa Bio-pappel.

Objetivos específicos

- Realizar el estudio de la calidad de la energía para las subestaciones 12, 13, 14, 15 y 16 en los CCM de hasta 460v.
- Determinar las áreas de mejora con mayor impacto energético.
- Establecer los niveles mínimos de calidad de la energía para la creación de una política energética con el fin de obtener la certificación ISO 50001.

Materiales y métodos

Desarrollo del proyecto

Generalidades de la empresa

La empresa en que se realiza el proyecto de calidad de la energía es en Bio-Pappel Kraft, planta Centauro.

Se encuentra ubicada en la carretera Durango-México Km 26 Cuesta El Registro, Durango, Dgo. C.P.34348 con Teléfono +52 (618) 829 1200, dirección de correo electrónico www.biopappel.com.

Se dedica a la producción de bienes, papel cartón tipo Medium, Liner y Blanco.

Antecedentes

La evolución de la empresa fue de la siguiente manera:

- ✓ Celulósicos Centauro S.A. de C.V. 4 de Diciembre 1972
- ✓ Grupo ALFA 1979
- ✓ Grupo Industrial Durango (GIDUSA) 1988
- ✓ Industrias Centauro S.A. de C.V. 1991
- ✓ Administradora Industrial de Durango S.A. de C.V.

Empaques de Cartón Titán S.A. de C.V. forma parte del Grupo Durango, se dedica a la fabricación de papel. La instalación es una planta del giro papelera que actualmente fabrica papel Kraft y Cenblank.

Bio-Pappel Kraft S.A.B. de C. V. 2010.

Misión y visión

Misión

Producir competitivamente papel y productos de papel amistosos al ambiente, que contribuyen eficientemente al éxito de nuestros clientes y de sus clientes.

Visión

Crear valor a través de la competitividad, la protección ambiental y la responsabilidad social.

Identidad

Más que una empresa verde, somos una empresa “azul” que es reconocida no solo por proteger los bosques sino también por cuidar el impacto de nuestras operaciones en ríos, lagunas, el océano y el cielo azul.

Ética

Nuestras decisiones y acciones se guían por un sólido código de ética que rige todo lo que hacemos. Recompensamos la denuncia que permite identificar a cualquier persona que viole este código.

Política ambiental ISO-14001

En el proceso de fabricación de papel se compromete a proteger y conservar el medio ambiente, cumpliendo con los requisitos legales aplicables al establecer y revisar objetivos y metas ambientales con un enfoque hacia la prevención de la contaminación y mejora continua de nuestro sistema de gestión ambiental.

Política de calidad ISO 9001-2008

La política de calidad es entender las necesidades de los clientes mejor que cualquier otro proveedor de papel, con productos y servicios que cumplan sus requerimientos de calidad, legales y regulatorios.

Dentro de los valores se considera a los clientes como el centro de todos los esfuerzos para lograr los objetivos y la mejora continua de la calidad.

Objetivos ambientales

1. Obtener el 85% de cumplimiento de los objetivos y metas establecidas por cada área de la planta.
2. 2. Controlar los residuos peligrosos de origen petroquímico radiológico.

Descripción general del proceso que brinda la empresa

Bio-Pappel Kraft planta Centauro, forma parte de Bio-Pappel Kraft, S. A. B. DE C. V., la cual se dedica a la fabricación de papel. La instalación es una planta del giro papelería que actualmente se dedica a la fabricación de papel Kraft y Cenblank.

A continuación se describe el proceso que se realiza para la elaboración de los diferentes tipos de papel. En todos los casos se debe primero preparar la pasta, posteriormente esta es introducida a la máquina formadora de papel. La planta parte de dos materias primas diferentes para la producción de pastas, papel reciclado y fibras limpias.

El proceso de fabricación del papel Kraft se divide en las siguientes etapas:

- 1) Preparación de pastas.
- 2) Sistema de recortes.
- 3) Máquina de papel.

Preparación de pastas

Desintegración: El proceso inicia alimentando la materia prima (papel reciclado) al Desintegrador AP-60 o Hidrapulpers, por medio de bandas transportadoras. Este equipo es el que se encarga de desintegrar el papel viejo mediante una suspensión de fibra y agua a la cual se le conoce con el nombre de pasta.

Los Hidrapulpers además del rotor cuentan con una platina que es la que acepta la materia prima que ya fue convertida a pasta, la cual aún cuenta con algunas impurezas que alcanzan a pasar por el barreno de dicha platina.

Posteriormente la pasta se inyecta al Turbo separador ATS-41 el cual se utiliza para recopilar las impurezas que aún conserva la pasta, este equipo también cuenta con un rotor y una platina, los cuales ejecutan la función de separación de pasta con los rechazos ligeros (plásticos y unicel) y los rechazos pesados (grapas, arenas, alambres, etc.).

La pasta aceptada por la platina se bombea a un tanque de almacenamiento, donde se mantiene en agitación constante. Los rechazos ligeros se envían a una criba de tambor con el fin de recuperar la fibra que contienen estos rechazos, la basura es enviada al lugar que se tiene designado en el área de tiraderos. Los rechazos pesados se tratan en igual forma solo que son manejados en un depurador ciclónico KS 200/15.

Las impurezas de los depuradores ciclónicos se eliminan en una cámara de rechazo.

Depuración: En este paso la pasta es alimentada a un sistema de depuradores Beloit que cuenta con unas platinas de ranuras para obtener una mejor limpieza, por lo cual en esta parte del proceso se separan los rechazos que lograron pasar en las etapas antes mencionadas esto es con la finalidad de obtener una pasta suficientemente limpia para lograr la calidad y limpieza que nos exige nuestro producto final (PAPEL).

Pasta con los rechazos ligeros (plásticos y unice) y los rechazos pesados (grapas, arenas, alambres, etc.).

La pasta aceptada por la platina se bombea a un tanque de almacenamiento, donde se mantiene en agitación constante. Los rechazos ligeros se envían a una criba de tambor con el fin de recuperar la fibra que contienen estos rechazos, la basura es enviada al lugar que se tiene designado en el área de tiraderos. Los rechazos pesados se tratan en igual forma solo que son manejados en un depurador ciclónico KS 200/15.

Las impurezas de los depuradores ciclónicos se eliminan en una cámara de rechazo.

Fraccionación: En esta etapa la pasta proveniente del cribado grueso es alimentada a dos fraccionadores primarios (TAP-450) y la pasta que es aceptada por estos equipos pasa a través de una platina ranurada y es enviada a un espesador, el rechazo es alimentado a un fraccionador secundario (TAP-450) y la pasta aceptada por este también es enviada al espesador y la rechazada se manda a una etapa de limpieza ciclónica.

Depuración Ciclónica: Aquí la pasta recibe otro tratamiento para limpieza de rechazos pesados (arena), se alimenta del rechazo del fraccionador secundario, y alimenta a los limpiadores ciclónicos (Cleanpac 700 LD). La pasta aceptada de la primera etapa de depuración ciclónica es enviada al sistema de cribado fino y la rechazada es enviada a una segunda etapa de depuración ciclónica, el aceptado de la segunda etapa se alimenta de nuevo a la primera etapa y el rechazo pasa a una tercera etapa, el aceptado de la tercera etapa se alimenta a la segunda y el rechazo pasa a la cuarta etapa de depuración ciclónica, el aceptado de la cuarta etapa pasa a alimentarse en la tercera etapa y el rechazo se alimenta directamente a cuatro fibermizer (FMZ), de donde el rechazo va directamente a los tiraderos.

Cribado Fino: La pasta aceptada de los ciclones Cleanpac 700 LD, es alimentada a la criba multietapas (Must 703), la pasta aceptada es enviada directamente al espesador y el rechazo es alimentado a otra criba (TAP 120), de esta criba el aceptado va al espesador y el rechazo es alimentado a otra criba (TAP 50), de aquí el aceptado es alimentado nuevamente para la criba (TAP 120), y el rechazo va a los tiraderos.

Espesador: El espesador es alimentado por los aceptados de Fraccionación y de cribado fino, el aceptado es enviado a un tanque de almacenamiento en donde se mantiene en agitación para después ser enviado a Dispersión o a Refinación.

Dispersión: En este sistema se le da un tratamiento a la pasta para eliminar las ceras que aún alcanzaron a pasar. Consiste en alimentar la pasta a una prensa para aumentar su consistencia y posteriormente se pasa a un precalentador donde se le aplica vapor para aumentar la temperatura a un máximo de 100°C y por último pasa al Dispensor.

Refinación: Es el más importante en la preparación de la pasta, ahí se lleva a cabo el tratamiento mecánico de acondicionamiento de las fibras que permiten una buena formación de las hojas, además de darle algunas características físicas optimas y de buena calidad en el producto terminado dependiendo de la fabricación que se desee, se utilizan o se distribuyen los refinadores, después la pasta se bombea a unos tanques de almacenamiento donde se mantiene en

agitación constante. De aquí la pasta se envía a las cajas elevadas para pasar al sistema de limpieza de la máquina.

Limpieza: Las cajas de nivel colectan la pasta de los refinadores tratando que el nivel de cobertura maneje solo pasta dispersada y soporte toda la pasta hecha con papel viejo, la pasta se envía por efecto de gravedad a las bombas que suministran a los Depuradores centrífugos y en etapas de tamizado, estos complementan la limpieza de la pasta, que consta de cuatro etapas:

BASE

- ❖ Etapa #1. 32 separadores tipo KS250/3E
- ❖ Etapa #2. 11 separadores tipo KS250/3R
- ❖ Etapa #3. 4 separadores tipo KS250/3E
- ❖ Etapa #4. 1 separador tipo KS250/3E

COBERTURA

- ❖ Etapa #1. 60 depuradores cónicos tipo HS160/6R
- ❖ Etapa #2. 15 depuradores cónicos tipo HS160/6R
- ❖ Etapa #3. 6 depuradores cónicos tipo HS160/6R
- ❖ Etapa #4. 2 depuradores cónicos tipos Hs160/6R

La pasta que se acepta de la 1ª etapa se succiona y se envía a los depuradores verticales de tamiz, lo que se rechaza de la primera etapa se recircula a través de los separadores centrífugos de las primeras etapas, diluyéndose con agua blanca, y en la cuarta etapa se inicia la depuración final.

Hay tres tipos de depuradores verticales de tamiz. Depurador 20, 31 y 40. Los últimos clasifican la pasta antes de las cajas primaria y secundaria de nivel de la máquina de papel correspondiente.

Los depuradores eliminan las impurezas que no pasan por el tamiz rotatorio, éstas se envían a un tanque colector.

Los depuradores tipo 2 limpian los rechazos de los depuradores anteriores. Las impurezas leves que resultan de este depurador se envían al tanque colector, las impurezas pesadas se envían al tamiz vibratorio, donde el tamizado se conduce al tanque de agua blanca, y de aquí se recircula a los depuradores tipo 20 y 31.

Sistema de recortes

Consiste en la recuperación de fibra o pasta, y está compuesto por las siguientes unidades:

- ❖ *Couch-pit*: Recibe los recortes de la máquina de papel y los flujos de los dispersores o regaderas de limpieza de la tela, mantiene en agitación y acondiciona la pasta a una consistencia óptima para seguir el proceso.
- ❖ *Press-pit*: Esta unidad desintegra la pasta durante las roturas del papel en la sección de prensas.

AN26-final:

Este pulper tiene tres funciones:

1. Absorción de las tiras de recortes de la bobinadora-cortadora.
2. Dilución y Desintegrador de merma.
3. Absorción de las roturas en la calandria.

Torre de recortes: Recolecta las diferentes pastas que provienen de las unidades de desintegración de recortes y roturas de guías en el Couch-pit y AN-26 y las mantiene en agitación. Acondiciona la pasta para el proceso de recuperación y preparación de la misma.

Tanque intermediario: Recolecta la pasta del sistema de recuperación de fibras y la mantiene en agitación para después bombearla al tanque donde se adiciona el encolante, para formar parte de la pasta base siguiendo el proceso antes mencionado.

Maquina de papel

Cuando se produce papel liner se prepara pasta base y pasta cobertura. La pasta cobertura después que se refina y limpia entra a la caja de nivel de la mesa de formación fourdrinier.

Las principales partes que componen la máquina de papel son:

Caja de entrada: La caja de entrada distribuye la pasta en la mesa de formación.

Mesa de formación: Reacomoda las fibras formándose así el papel, aquí se elimina la mayor cantidad de agua en toda la máquina por medio de drenado y succión.

La hoja formada en el duoformer se une con la del fourdrinier mucho antes de entrar a las prensas. Aquí la eliminación de agua es menor y se efectúa por medio de presión y succión.

Prensado: Cuando ya se consiguió la extracción máxima de agua por la acción de la gravedad y del vacío, se somete la hoja a la acción de las prensas, en las que la hoja es pasada por dos fieltros y exprimida entre dos rodillos para eliminar en una primera y segunda prensa agua suficiente como para conseguir una hoja de hasta 39% de consistencia.

Secado: Finalmente la hoja pasa a la acción de secadores que cuenta con 53 cilindros calentados con vapor y repartidos en seis grupos en los que paulatinamente se calienta la hoja y se va evaporando el agua hasta conseguir una humedad del 7% que es con la que sale al mercado.

Dentro de esta sección de secado está ubicada después del tercer grupo de secado, cuando la hoja tiene una humedad del 35 al 38%, la unidad Clupack que le proporciona al papel un microcrepado y le da una elasticidad longitudinal de hasta 15%, haciendo al papel altamente apto para que absorba la energía de las cargas a que está sujeto cuando lo convierten en sacos. Este tratamiento se aplica a los papeles Kraft destinados a sacos de alta resistencia. La unidad es capaz de procesar hasta 510 toneladas por día.

Calandriado: En esta operación la hoja es sometida a la acción de rodillos de acero soportados sobre sí mismos y que giran por arrastre del rodillo inferior que está accionado, provocando con esto en la hoja una acción de satinado, lisura, compactación y brillo, cualidades muy deseables en cartonillos Liners y otras clases de papeles.

Enrolladora: El papel que sale de la calandria o de los secadores se enrolla en un rodillo de metal en forma continua y por medio de un transportador se envía a la embobinadora.

Embobinadora: El carrete lleno en el tambor enrollador, es pasado a la bobinadora por medio de grúas viajeras en donde se hacen los rollos del ancho y diámetro que el cliente solicita. Los rollos salen uniformemente compactos y bien refilados para ser rotulados, flejados, pesados, y finalmente remitidos a la zona de almacén de producto terminado para ser embarcado a los clientes.

Tipos de producción

La máquina de papel produce tres líneas de productos:

- Cartoncillo Liner.
- Cartoncillo Corrugado o Médium.
- Pappel Kraft.

Cartoncillo Liner:

Esta línea puede producir a su vez:

- a)** Cartoncillo de una capa.
- b)** Cartoncillo de dos capas.

El cartoncillo de una capa se produce de manera tradicional en la mesa Fourdrinier y exhibe generalmente las características clásicas de los cartoncillos. Se utiliza para hacer cajas de cartón pegando dos capas sobre una de cartoncillo corrugado que le da sustentación y soporte a la caja.

El cartoncillo de dos capas se produce fabricando una hoja normal en la mesa Fourdrinier y otra que generalmente equivale al 25% del peso de la primera, en un Duoformer colocado en la parte superior de la mesa Fourdrinier. Ambas hojas se unen aún húmedas, recién terminada su etapa de formación ya como una sola hoja se procesa en el resto de la máquina. Generalmente la caja inferior se fabrica con materia prima barata porque queda como reverso en la hoja terminada mientras que la capa superior o cobertura se fabrica con celulosa pura o con celulosa blanca, es la cara del papel. Esta disposición mecánica de la máquina de papel hace flexibles las posibilidades de su fabricación sobre todo en el terreno de los Liners.

Cartoncillo corrugado o médium:

El cartoncillo corrugado o médium se fabrica con materias primas adecuadas de la variedad de fibras secundarias porque, aunque no se requiere presentación pues no se ve, porque queda entre dos capas de cartoncillo liner, si necesita tener una rigidez suficiente para hacer consistentes y fuertes las cajas de cartón. De la rigidez de este cartoncillo médium depende de los cartones que se elaboren con él no se aplasten.

Papel Kraft:

El papel Kraft se fabrica con celulosa virgen porque su característica es ser altamente resistente para soportar los esfuerzos a que es sometido como envoltente contenedor de cemento, fertilizantes, etc. Y el trato severo que significa el manejo y el transporte de esos productos. También se fabrican con este papel bolsas de papel tipo supermercado.

La máquina de papel cuenta entre sus instalaciones con una unidad Clupack que produce papel extensible para la fabricación de sacos multicapa. El papel extensible tiene como característica de ser el mejor papel en el mundo para fabricar sacos existentes.

Materias primas

La fábrica produce los papeles cartoncillos que se mencionaron empleando fibras secundarias que compra en el mercado nacional y en el de los Estados Unidos de Norteamérica. Se puede mencionar las siguientes materias primas:

- 1) Papel Liner usado.
- 2) Cajas de cartón corrugado usadas.
- 3) Papel Kraft usado.
- 4) Celulosa blanqueada que compra en el mercado de papeles.

Estas materias primas se utilizan solas o combinadas entre si para conseguir productos que llenen las especificaciones de calidad del mercado mundial.

Producción

La máquina de papel está diseñada para fabricar las siguientes cantidades de cada línea:

- Cartoncillo Liner 756 Ton/24Hrs.
- Cartoncillo Médium 620 Ton/24Hrs.
- Papel Kraft para sacos 516 Ton/24Hrs.

Estudio de calidad de la energía

El proyecto inicio con la realización de un recorrido de campo, para identificar todas las subestaciones que alimentan a la máquina de papel. De este recorrido de campo se encontró que existen 7 subestaciones en la nave industrial que alimentan a la maquina de papel, las cuales se encuentran enumeradas de la siguiente manera:

- ✓ Subestación 12
- ✓ Subestación 13
- ✓ Subestación 14 A
- ✓ Subestación 14 B
- ✓ Subestación 15
- ✓ Subestación 16
- ✓ Subestación 17

Donde cada subestación cuenta con varios CCM's distribuidos de la siguiente manera:

SUBESTACIÓN	CCM									TOTAL
12	12 D1	12 D2	12 D3	12 D4						4
13	D1	D2	D3	D4	E1	E2	E3	E4	13C	9
14 A	13A									1
14 B	G1	G2	G3A	H1	H2	H4	G1B			7
15	A1	A2	A3	A4	13 E4	12 D4	12C	12B	12F	9
16	A1	A2	A3	B1	B2	12E1-1	12E1- 2	13E2-1		8
17	17A									1

Tabla 5.- Distribución de CCM's

Procedimiento

El proyecto se realizó dentro del área de la máquina de papel tomando mediciones diarias por periodos de tiempo de 24 horas en los CCM's de bajo voltaje, es decir, de 460v de diferentes subestaciones.

El plan de mediciones a seguir fue el siguiente:

FECHA	MEDICIÓN S/N	CCM	SUBESTACIÓN
Jueves 14-Viernes 15	X	CCM D1	SUB. 13
Viernes 15-Sabado 16	X	CCM D3	SUB. 13
Sábado 16-Domingo 17	X	CCM D4	SUB. 13
Domingo 17-Lunes 18	X	CCM D4	SUB. 13
Lunes 18-Martes 19	X	CCM D2	SUB. 13
Martes 19-Miercoles 20	X	CCM D2	SUB. 13
Miércoles 20-Jueves 21	X	CCM D1	SUB. 12
Jueves 21-Viernes 22	X	CCM D2	SUB. 12
Viernes 22-Sabado 23	O		
Sábado 23-Domingo 24	O		
Domingo 24-Lunes 25	O		
Lunes 25-Martes 26	X	MOTOR	SUB. 15

REFINADOR			
Martes 26-Miercoles 27	X	CCM D3	SUB. 12
Miércoles 27-Jueves 28	X	CCM A1	SUB. 15
Jueves 28-Viernes 29	X	CCM A1	SUB. 15
Viernes 29-Sabado 30	O		
Sábado 30-Domingo 01	O		
Domingo 01-Lunes 02	O		
Lunes 02-Martes 03	X	CCM A2	SUB. 15
Martes 03-Miercoles 04	X	CCM D1 PARO	SUB. 13
Miércoles 04-Jueves 05	X	CCM D1 PARO	SUB. 13
Jueves 05-Viernes 06	X	CCM A3	SUB. 15
Viernes 06-Sabado 07	O		
Sábado 07-Domingo 08	X	CCM A04	SUB. 15
Domingo 08-Lunes 09	X	CCM A04	SUB. 15
Lunes 09-Martes 10	X	CCM E-4	SUB. 15
Martes 10-Miercoles 11	O		
Miércoles 11-Jueves 12	O		
Jueves 12-Viernes 13	X	CCM E-P	SUB. 13
Viernes 13-Sabado 14	X	CCM G-1	SUB. 14-B
Sábado 14-Domingo 15	X	CCM G-2	SUB. 14-B
Domingo 15-Lunes 16	X	CCM G-2	SUB. 14-B
Lunes 16-Martes 17	O		
Martes 17-Miercoles 18	O		
Miércoles 18-Jueves 19	O		
Jueves 19-Viernes 20	X	CCM G-P	SUB. 14-B
Viernes 20-Sabado 21	X	CCM A-P	SUB. 16
Sábado 21-Domingo 22	O		
Domingo 22-Lunes 23	O		
Lunes 23-Martes 24	X	CCM B-P	SUB. 16
Martes 24-Miercoles	O		

25			
Miércoles 25-Jueves 26	X	CCM D-P	SUB. 12
Jueves 26-Viernes 27	O		
Viernes 27-Sabado 28	O		
Sábado 28-Lunes 30	O		
Lunes 30-Martes 31	X	CCM A-P	SUB. 15

Tabla 6.- Plan de mediciones

El aparato que se utilizó para realizar las mediciones es un analizador de la calidad de la energía, el AMC/POWER PAD 3945, el cual cuenta con las siguientes características de entrada:

- ✓ 480v RMS en fase-neutro
- ✓ 960v RMS fase-fase
- ✓ Máximo de soporte de corriente de 6500A al utilizar el AmpFlex.

Los parámetros a medir fueron:

- ✓ Flickers
- ✓ Voltaje RMS
- ✓ Corriente RMS
- ✓ THD
- ✓ FK
- ✓ Factor de Potencia (FP)
- ✓ Armónicos en Voltaje
- ✓ Armónicos en Corriente
- ✓ Desfasamientos
- ✓ Transitorios (Sags y Swells)

El diagrama de conexión se muestra a continuación:

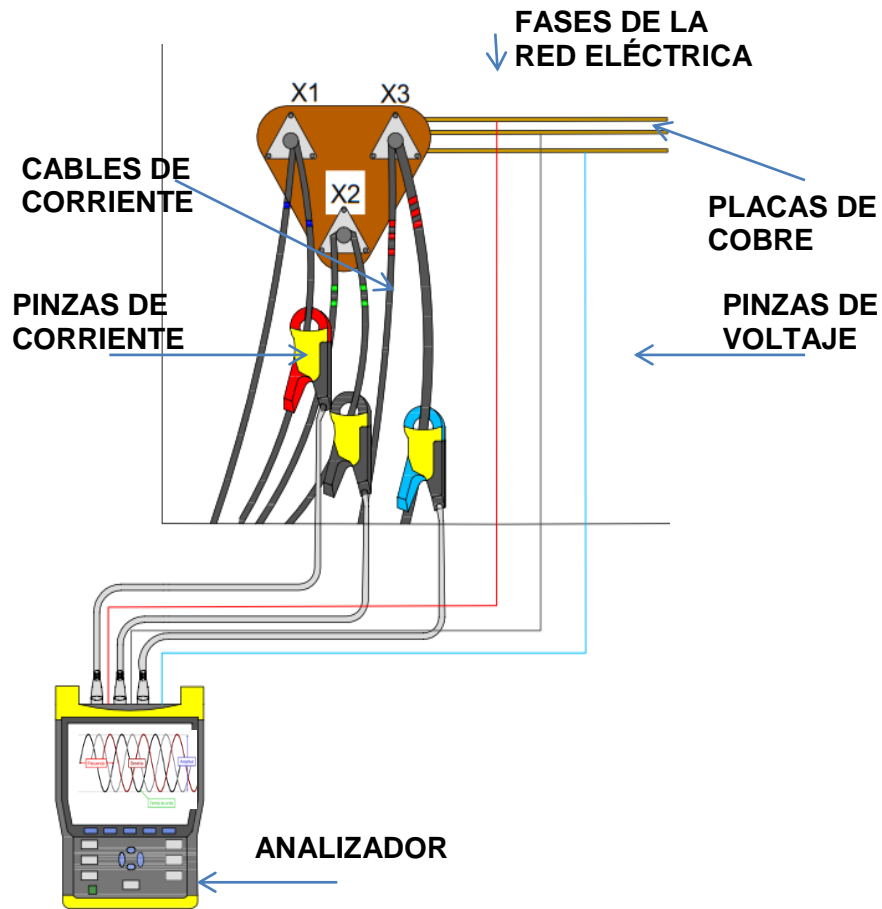


Figura 17.- Diagrama de conexión

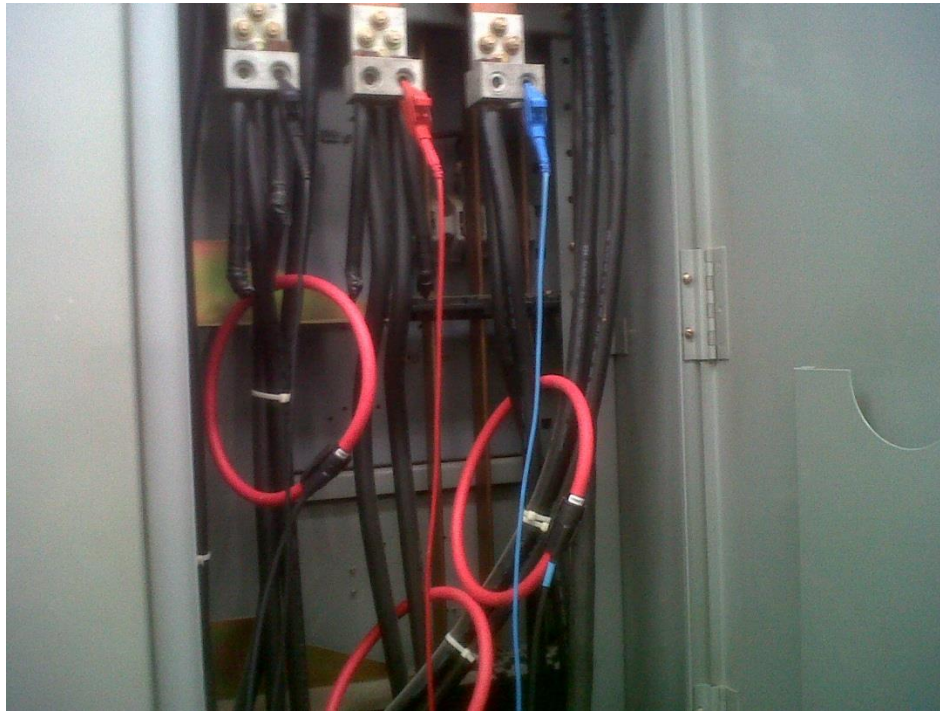


Figura 18.-Conexión de analizador de redes en CCM

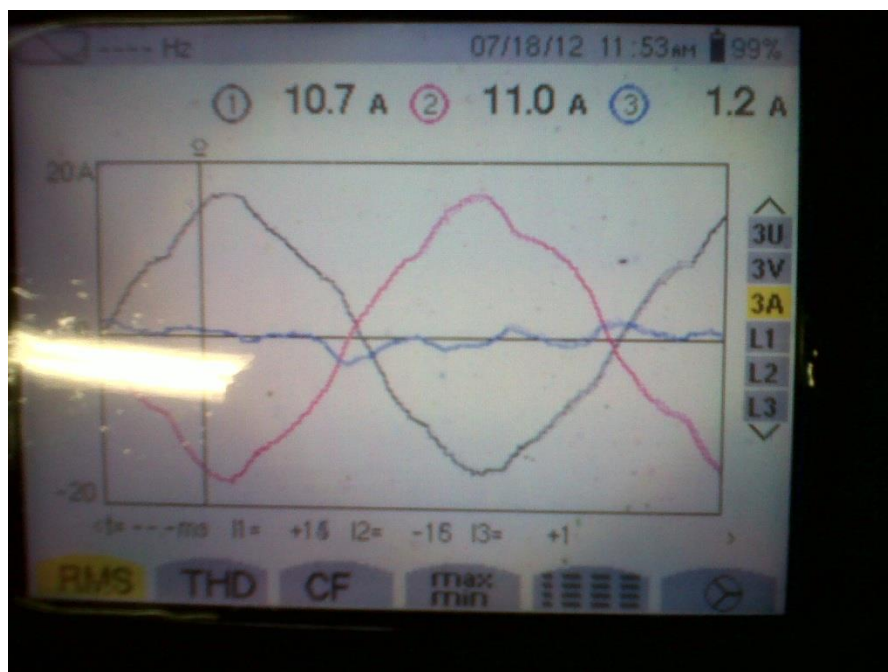


Figura 19.- Lectura del analizador de redes

A continuación se muestra el diagrama unifilar del CCM 13-D1, donde se muestra el punto de medición.

SUBESTACIÓN 13, CCM 13-D1

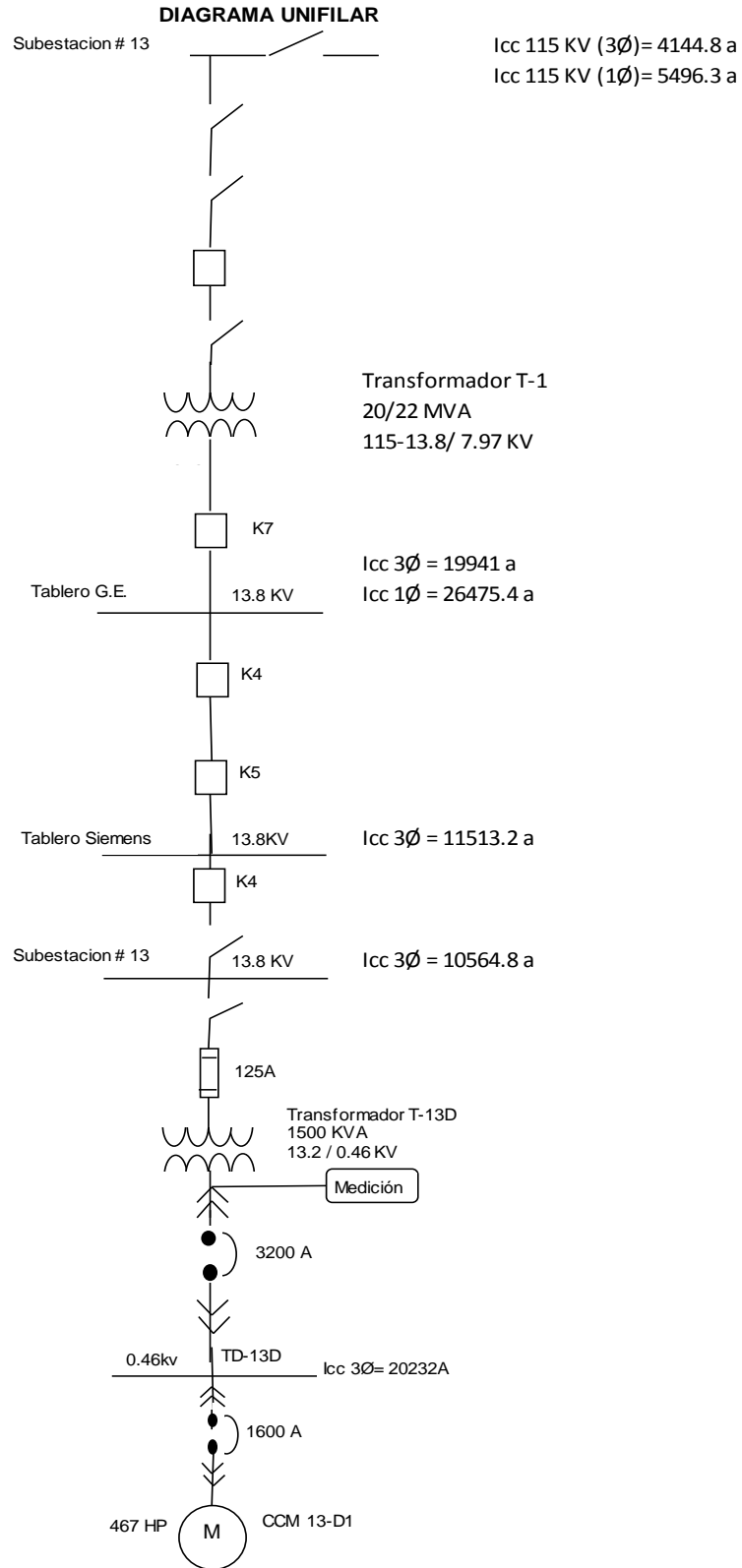


Figura 20.- Diagrama unifilar CCM 13-D1, con la ubicación del punto de medición

Las mediciones tomadas se encuentran en el anexo 1, del total de mediciones se encontraron cinco casos relevantes los cuales se muestran a continuación:

CCM 13 D1

El día 14 de junio del 2012 se encuentra en las mediciones que existen elevaciones de importancia del THD presentadas a las 9:30 a.m. con un promedio de 16.793 % lo que se encuentra fuera de norma (15 %) según la norma IEC, las graficas de dichas mediciones se encuentran en anexo 2.

La bitácora de tercer turno para dicho día muestra lo siguiente: “Se acudió al área de efluentes a revisar la banda transportadora de lodos de la prensa, se encontró con disparo en el interruptor termomagnético, se megeeo el equipo dando mal, se revisa motor en campo y se corrige cortocircuito en la alimentación quedo en servicio con 3A.”

A continuación se muestran las mediciones del CCM 13-D1.

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Duración	Unidades
Frecuencia	14/06/2012	03:00:00 p.m.	59.995	59.82	60.14	4140	11:00:00 p.m.	(h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	RMS	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
V1 RMS	14/06/2012	03:00:00 p.m.	270.778	264.3	274.6	V	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
V2 RMS	14/06/2012	03:00:00 p.m.	270.934	264.3	274.7	V	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
V3 RMS	14/06/2012	03:00:00 p.m.	271.228	264.3	275	V	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	RMS	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
A1 RMS	14/06/2012	03:00:00 p.m.	172.185	122.7	413.9	A	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
A2 RMS	14/06/2012	03:00:00 p.m.	139.173	103.6	319.7	A	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
A3 RMS	14/06/2012	03:00:00 p.m.	168.728	124.6	408.8	A	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
A1 THD	14/06/2012	03:00:00 p.m.	3.886	1.9	9.9	%	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
A2 THD	14/06/2012	03:00:00 p.m.	3.638	1.4	8.9	%	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
A3 THD	14/06/2012	03:00:00 p.m.	3.699	1.6	9.6	%	23:00:00 p.m.	(h:min:s)

V1 THD	14/06/2012	03:00:00 p.m.	1.328	0.5	1.8	%	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
V2 THD	14/06/2012	03:00:00 p.m.	1.186	0.4	1.9	%	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
V3 THD	14/06/2012	03:00:00 p.m.	1.467	0.5	1.9	%	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Aunb (IEC)	14/06/2012	03:00:00 p.m.	7.373	4.9	14.2	%	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Aunb (IEEE)	14/06/2012	03:00:00 p.m.	13.608	10.7	16.4	%	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Vunb (IEC)	14/06/2012	03:00:00 p.m.	0.098	0	0.2	%	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Vunb (IEEE)	14/06/2012	03:00:00 p.m.	0.093	0	0.2	%	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Pst1	14/06/2012	03:00:00 p.m.	0.339	0.18	1.7		23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Pst2	14/06/2012	03:00:00 p.m.	0.314	0.15	1.84		23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Pst3	14/06/2012	03:00:00 p.m.	0.364	0.16	1.9		23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Plt1	14/06/2012	03:00:00 p.m.	0.513	0.24	0.71		23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Plt2	14/06/2012	03:00:00 p.m.	0.544	0.2	0.79		23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Plt3	14/06/2012	03:00:00 p.m.	0.597	0.25	0.74		23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
KF1	14/06/2012	03:00:00 p.m.	1.084	1.01	1.42		23:00:00 p.m.	(h:min:s)
KF2	14/06/2012	03:00:00 p.m.	1.084	1	1.39		23:00:00 p.m.	(h:min:s)
KF3	14/06/2012	03:00:00 p.m.	1.063	1	1.38		23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
W Total	14/06/2012	03:00:00 p.m.	82.309	59.531	214.024	k W	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
W1	14/06/2012	03:00:00 p.m.	31.324	22.908	82.261	k W	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
W2	14/06/2012	03:00:00 p.m.	22.226	14.109	57.756	k W	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
W3	14/06/2012	03:00:00 p.m.	28.76	19.833	77.004	k W	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades

Wh Total	14/06/2012	03:00:00 p.m.			1.893	M Wh	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Wh1	14/06/2012	03:00:00 p.m.			720.446	k Wh	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Wh2	14/06/2012	03:00:00 p.m.			511.197	k Wh	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Wh3	14/06/2012	03:00:00 p.m.			661.47	k Wh	23:00:00 p.m.	(h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
PF Mean	14/06/2012	03:00:00 p.m.	0.659	0.547	0.743		23:00:00 p.m.	(h:min:s)
PF1	14/06/2012	03:00:00 p.m.	0.703	0.76	0.798		23:00:00 p.m.	(h:min:s)
PF2	14/06/2012	03:00:00 p.m.	0.614	0.446	0.73		23:00:00 p.m.	(h:min:s)
PF3	14/06/2012	03:00:00 p.m.	0.659	0.544	0.738		23:00:00 p.m.	(h:min:s)

Tabla 7.- Mediciones del CCM 13-D1

CCM 13 D3

El 15 de junio del 2012 se presentas tres casos de elevación de corriente por armónicas trayendo consigo otros problemas como una disminución en el factor de potencia de -0.82. Las horas a las que se presentan estos sucesos son 5:10 am, 9:00 a.m. y 10:35 am.

En la bitácora se encontró que para esas horas sucedió lo siguiente: “Línea 1 de pastas entra en servicio a las 5:00 a.m. aprox. Rompimiento de hoja: 8:55 a 9:01 rompe hoja en la primera sección, por tiro apretado.10:17 a 10:30 rompe hoja el CLUPAK, por bola de pasta.”

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Duración	Unidades
Frecuencia	15/06/2012	02:40:00 p.m.	59.997	59.89	60.12	4320	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	RMS	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
V1 RMS	15/06/2012	02:40:00 p.m.	271.838	263.5	274.5	V	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V2 RMS	15/06/2012	02:40:00	270.641	262.7	273.4	V	1:00:00:00	(d:h:min:s)

		p.m.					p.m.	
V3 RMS	15/06/2012	02:40:00 p.m.	271	263	274	V	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	RMS	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
A1 RMS	15/06/2012	02:40:00 p.m.	119.37	1.8	866.6	A	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
A2 RMS	15/06/2012	02:40:00 p.m.	124.476	0	882.8	A	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
A3 RMS	15/06/2012	02:40:00 p.m.	130.15	1.9	912	A	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
A1 THD	15/06/2012	02:40:00 p.m.	1.929	1.4	28.6	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
A2 THD	15/06/2012	02:40:00 p.m.	1.614	0	12.4	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
A3 THD	15/06/2012	02:40:00 p.m.	1.484	1	38.9	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V1 THD	15/06/2012	02:40:00 p.m.	1.312	0.9	1.7	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V2 THD	15/06/2012	02:40:00 p.m.	1.174	0.9	1.6	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V3 THD	15/06/2012	02:40:00 p.m.	1.077	0.8	1.6	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Aunb (IEC)	15/06/2012	02:40:00 p.m.	4.281	0	4.6	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Aunb (IEEE)	15/06/2012	02:40:00 p.m.	5.272	2.8	100	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Vunb (IEC)	15/06/2012	02:40:00 p.m.	0.131	0	0.2	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Vunb (IEEE)	15/06/2012	02:40:00 p.m.	0.222	0.2	0.3	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Pst1	15/06/2012	02:40:00 p.m.	0.272	0.15	1.4		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Pst2	15/06/2012	02:40:00 p.m.	0.285	0.16	0.98		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Pst3	15/06/2012	02:40:00 p.m.	0.247	0.15	1.62		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Plt1	15/06/2012	02:40:00 p.m.	0.372	0.23	0.45		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Plt2	15/06/2012	02:40:00 p.m.	0.352	0.22	0.39		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Plt3	15/06/2012	02:40:00 p.m.	0.366	0.21	0.45		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
KF1	15/06/2012	02:40:00 p.m.	1.015	1	2.51		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
KF2	15/06/2012	02:40:00 p.m.	1.002	1	1.48		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
KF3	15/06/2012	02:40:00 p.m.	1.15	1	30.57		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
W Total	15/06/2012	02:40:00 p.m.	-80.571	-402.3	-0.157	k W	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
W1	15/06/2012	02:40:00 p.m.	-25.263	-129.4	-0.033	k W	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
W2	15/06/2012	02:40:00 p.m.	-27.325	-134.9	0	k W	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
W3	15/06/2012	02:40:00 p.m.	-27.983	-137.9	-0.109	k W	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Wh Total	15/06/2012	02:40:00 p.m.			0	M Wh	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Wh1	15/06/2012	02:40:00 p.m.			-0.138	k Wh	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Wh2	15/06/2012	02:40:00 p.m.			-0.149	k Wh	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Wh3	15/06/2012	02:40:00 p.m.			-0.152	k Wh	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
PF Mean	15/06/2012	02:40:00 p.m.	-0.821	-0.88	-0.075		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
PF1	15/06/2012	02:40:00 p.m.	-0.806	-0.877	-0.065		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
PF2	15/06/2012	02:40:00 p.m.	-0.839	-0.886	0		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
PF3	15/06/2012	02:40:00 p.m.	-0.819	-0.878	-0.135		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)

Tabla 8.- Mediciones del CCM 13-D3

CCM 12 D1

El día 20 de junio del 2012 se presenta un gran nivel de THD en el CCM D1 de la subestación 12, provocando un desbalance de un 20% y una elevación en el factor K de hasta 12.9 en la tercera fase.

Al revisar la bitácora de mantenimiento eléctrico se encontró que para el tercer turno a esa hora se presento lo siguiente: “Piden de efluentes checar contactos del laboratorio, así como señales de instrumentos donde toman lecturas. Se acude, encontrando que un circuito de contactos y alumbrado del lab. No tiene voltaje. Se checa el transformador que alimenta a estos, llegándole al primario 453V pero en el secundario salen AB 90V, BC 64V y CA 41V. Se informa de esto al Ing. Rodimiro Reyes.”

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Duración	Unidades
Frecuencia	20/06/2012	03:30:00 p.m.	59.998	59.91	60.09	4320	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	RMS	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
V1 RMS	20/06/2012	03:30:00 p.m.	257.058	251	261.9	V	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V2 RMS	20/06/2012	03:30:00 p.m.	257.459	251.7	262.5	V	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V3 RMS	20/06/2012	03:30:00 p.m.	257.092	251.4	262.1	V	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	RMS	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
A1 RMS	20/06/2012	03:30:00 p.m.	115.984	84.9	182.8	A	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
A2 RMS	20/06/2012	03:30:00 p.m.	121.691	88.9	178.8	A	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
A3 RMS	20/06/2012	03:30:00 p.m.	111.345	76.8	179.2	A	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
A1 THD	20/06/2012	03:30:00 p.m.	5.987	2.8	13.5	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
A2 THD	20/06/2012	03:30:00 p.m.	3.888	2.3	10.5	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
A3 THD	20/06/2012	03:30:00 p.m.	4.443	2.5	17.3	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V1 THD	20/06/2012	03:30:00 p.m.	1.15	0.5	1.6	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V2 THD	20/06/2012	03:30:00 p.m.	1.163	0.5	1.7	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V3 THD	20/06/2012	03:30:00 p.m.	1.087	0.4	1.5	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Aunb (IEC)	20/06/2012	03:30:00 p.m.	8.82	5	20	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Aunb	20/06/2012	03:30:00	4.798	1.4	8.1	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)

(IEEE)		p.m.					p.m.	
Vunb (IEC)	20/06/2012	03:30:00 p.m.	0.131	0	0.2	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Vunb (IEEE)	20/06/2012	03:30:00 p.m.	0.107	0	0.2	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Pst1	20/06/2012	03:30:00 p.m.	0.255	0.16	0.99		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Pst2	20/06/2012	03:30:00 p.m.	0.253	0.16	1.03		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Pst3	20/06/2012	03:30:00 p.m.	0.226	0.15	1.07		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Plt1	20/06/2012	03:30:00 p.m.	0.348	0.2	0.71		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Plt2	20/06/2012	03:30:00 p.m.	0.338	0.22	0.74		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Plt3	20/06/2012	03:30:00 p.m.	0.334	0.17	0.72		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
KF1	20/06/2012	03:30:00 p.m.	2.064	1.13	6.29		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
KF2	20/06/2012	03:30:00 p.m.	1.357	1.05	4.01		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
KF3	20/06/2012	03:30:00 p.m.	1.409	1.05	12.92		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
W Total	20/06/2012	03:30:00 p.m.	79.733	56.863	111.865	k W	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
W1	20/06/2012	03:30:00 p.m.	27.887	20.107	38.803	k W	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
W2	20/06/2012	03:30:00 p.m.	27.579	20.251	37.714	k W	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
W3	20/06/2012	03:30:00 p.m.	24.267	16.505	35.519	k W	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Wh Total	20/06/2012	03:30:00 p.m.			1.914	M Wh	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Wh1	20/06/2012	03:30:00 p.m.			669.291	k Wh	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Wh2	20/06/2012	03:30:00 p.m.			661.906	k Wh	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Wh3	20/06/2012	03:30:00 p.m.			582.397	k Wh	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
PF Mean	20/06/2012	03:30:00	0.89	0.73	0.908		1:00:00:00	(d:h:min:s)

		p.m.					p.m.	
PF1	20/06/2012	03:30:00 p.m.	0.939	0.715	0.944		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
PF2	20/06/2012	03:30:00 p.m.	0.882	0.775	0.9		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
PF3	20/06/2012	03:30:00 p.m.	0.85	0.699	0.885		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)

Tabla 9.- Mediciones del CCM 12-D1

CCM 13 D1

Día de paro general de actividades

El día 3 de Julio del 2012 se presenta un paro general programado de la industria y se presenta un aumento en los niveles de armónicos provocando altos porcentajes de desbalance durante todo el día.

La bitácora muestra la energización de todos los dispositivos eléctricos es por ello que se decidió no escribirla y generalizar todo como arranque de equipos.

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Duración	Unidades
Frecuencia	03/07/2012	11:00:00 p.m.	59.997	59.89	60.09	8640	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	RMS	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
V1 RMS	03/07/2012	11:00:00 p.m.	270.147	259.1	280.2	V	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V2 RMS	03/07/2012	11:00:00 p.m.	270.963	259.2	281.9	V	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V3 RMS	03/07/2012	11:00:00 p.m.	271.101	259.2	281.6	V	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	RMS	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
A1 RMS	03/07/2012	11:00:00 p.m.	98.225	0	366.9	A	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
A2 RMS	03/07/2012	11:00:00 p.m.	100.736	0	371.5	A	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
A3 RMS	03/07/2012	11:00:00 p.m.	87.081	0	328.3	A	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
A1 THD	03/07/2012	11:00:00	3.599	0	11.5	%	2:00:00:00	(d:h:min:s)

		p.m.					p.m.	
A2 THD	03/07/2012	11:00:00 p.m.	3.376	0	10.8	%	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
A3 THD	03/07/2012	11:00:00 p.m.	4.04	0	10.9	%	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V1 THD	03/07/2012	11:00:00 p.m.	1.387	0.5	3.4	%	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V2 THD	03/07/2012	11:00:00 p.m.	1.219	0.5	3.6	%	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V3 THD	03/07/2012	11:00:00 p.m.	1.541	0.5	3.8	%	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Aunb (IEC)	03/07/2012	11:00:00 p.m.	13.32	0	35.5	%	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Aunb (IEEE)	03/07/2012	11:00:00 p.m.	32.111	0	200	%	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Vunb (IEC)	03/07/2012	11:00:00 p.m.	0.17	0	0.4	%	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Vunb (IEEE)	03/07/2012	11:00:00 p.m.	0.27	0	0.5	%	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Pst1	03/07/2012	11:00:00 p.m.	0.319	0.17	1.72		2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Pst2	03/07/2012	11:00:00 p.m.	0.299	0.14	1.97		2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Pst3	03/07/2012	11:00:00 p.m.	0.327	0.14	2.45		2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Plt1	03/07/2012	11:00:00 p.m.	0.451	0.22	0.56		2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Plt2	03/07/2012	11:00:00 p.m.	0.484	0.17	0.6		2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Plt3	03/07/2012	11:00:00 p.m.	0.531	0.22	0.68		2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
KF1	03/07/2012	11:00:00 p.m.	1.095	1	2.19		2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
KF2	03/07/2012	11:00:00 p.m.	1.087	1	1.97		2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
KF3	03/07/2012	11:00:00 p.m.	1.151	1	1.46		2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
W Total	03/07/2012	11:00:00 p.m.	36.696	0	196.762	k W	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
W1	03/07/2012	11:00:00 p.m.	14.769	0	71.122	k W	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)

W2	03/07/2012	11:00:00 p.m.	11.442	0	66.545	k W	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
W3	03/07/2012	11:00:00 p.m.	10.484	0	63.391	k W	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Wh Total	03/07/2012	11:00:00 p.m.			1.761	M Wh	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Wh1	03/07/2012	11:00:00 p.m.			708.921	k Wh	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Wh2	03/07/2012	11:00:00 p.m.			549.236	k Wh	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Wh3	03/07/2012	11:00:00 p.m.			503.246	k Wh	2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
PF Mean	03/07/2012	11:00:00 p.m.	0.459	0	0.809		2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
PF1	03/07/2012	11:00:00 p.m.	0.543	0	0.832		2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
PF2	03/07/2012	11:00:00 p.m.	0.389	0	0.806		2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
PF3	03/07/2012	11:00:00 p.m.	0.445	0	0.789		2:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)

Tabla 10.- Mediciones del CCM 13-D1 (paro)

CCM 15 A3

El día 5 de julio del 2012 se presenta un caso en las mediciones el cual muestra grandes caídas de corriente pero a la par de estas, muestra altos niveles de armónicos de corriente.

Las armónicas de mas alto nivel son las del orden 5 y 7 y se presentan en las horas: 3:30 p.m., 4:20 p.m., 6:26 p.m., 6:56 p.m., 9:57 p.m., 7:15 a.m., 8:20 a.m., 1:15, p.m.

La bitácora solo muestra arranque de equipos y reparación de luminarias.

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Duración	Unidades
Frecuencia	05/07/2012	01:40:00 p.m.	59.999	59.89	60.14	4320	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	RMS	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
V1 RMS	05/07/2012	01:40:00 p.m.	257.588	253.4	263.9	V	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V2 RMS	05/07/2012	01:40:00 p.m.	256.977	252.7	263.3	V	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V3 RMS	05/07/2012	01:40:00 p.m.	257.127	252.9	263.4	V	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	RMS	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
A1 RMS	05/07/2012	01:40:00 p.m.	323.532	278.9	341.3	A	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
A2 RMS	05/07/2012	01:40:00 p.m.	328.044	279.3	346.9	A	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
A3 RMS	05/07/2012	01:40:00 p.m.	325.441	275.8	350.6	A	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
A1 THD	05/07/2012	01:40:00 p.m.	9.55	8.9	11.1	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
A2 THD	05/07/2012	01:40:00 p.m.	5.688	8.9	11.6	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
A3 THD	05/07/2012	01:40:00 p.m.	9.717	8.7	11.5	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V1 THD	05/07/2012	01:40:00 p.m.	0.879	0.7	1.5	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V2 THD	05/07/2012	01:40:00 p.m.	0.769	0.6	1.5	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
V3 THD	05/07/2012	01:40:00 p.m.	0.824	0.6	1.4	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Aunb (IEC)	05/07/2012	01:40:00 p.m.	100	100	100	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Aunb (IEEE)	05/07/2012	01:40:00 p.m.	1.017	0	1.9	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Vunb (IEC)	05/07/2012	01:40:00 p.m.	100	100	100	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Vunb (IEEE)	05/07/2012	01:40:00 p.m.	0.134	0.1	0.2	%	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Pst1	05/07/2012	01:40:00 p.m.	0.194	0.15	1.72		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Pst2	05/07/2012	01:40:00 p.m.	0.228	0.16	2.15		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Pst3	05/07/2012	01:40:00 p.m.	0.191	0.16	1.67		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Plt1	05/07/2012	01:40:00 p.m.	0.255	0.18	0.42		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Plt2	05/07/2012	01:40:00 p.m.	0.292	0.18	0.47		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Plt3	05/07/2012	01:40:00 p.m.	0.241	0.18	0.4		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
KF1	05/07/2012	01:40:00 p.m.	1.249	1.19	1.41		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
KF2	05/07/2012	01:40:00 p.m.	1.245	1.19	1.4		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
KF3	05/07/2012	01:40:00 p.m.	1.232	1.17	1.39		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
W Total	05/07/2012	01:40:00 p.m.	161.639	129.3	178.435	k W	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
W1	05/07/2012	01:40:00 p.m.	53.59	43.034	59.333	k W	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
W2	05/07/2012	01:40:00 p.m.	54.398	44.113	58.762	k W	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
W3	05/07/2012	01:40:00 p.m.	53.651	42.122	60.539	k W	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Wh Total	05/07/2012	01:40:00 p.m.			3.879	M Wh	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Wh1	05/07/2012	01:40:00 p.m.			1.286	k Wh	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Wh2	05/07/2012	01:40:00 p.m.			1.306	k Wh	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)

Wh3	05/07/2012	01:40:00 p.m.			1.288	k Wh	1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
PF Mean	05/07/2012	01:40:00 p.m.	0.643	0.584	0.678		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
PF1	05/07/2012	01:40:00 p.m.	0.643	0.58	0.685		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
PF2	05/07/2012	01:40:00 p.m.	0.646	0.589	0.67		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)
PF3	05/07/2012	01:40:00 p.m.	0.641	0.577	0.68		1:00:00:00 p.m.	(d:h:min:s)

Tabla 11.- Mediciones del CCM 15-A3

Una vez concluidas las mediciones se procedió a su respectivo análisis y a la par se inicio con la investigación sobre la norma ISO 50001, norma en la cual la empresa Bio-pappel desea certificarse.

NORMA ISO 50001

ISO 50001:2011 se trata de un nuevo estándar Internacional desarrollado por ISO (International Organization for Standardization) donde se establecen los requisitos para la gestión adecuada de la energía, orientado a la aplicación en todo tipo de empresas y organizaciones, grandes y pequeñas tanto del ámbito público o privado, bien se dediquen a la provisión de servicios o a la elaboración de productos o equipos.

ISO 50001 establece un marco para las instalaciones industriales, comerciales, institucionales, gubernamentales, o de cualquier tipo para administrar la energía.

Se trata pues de una orientación hacia el ahorro energético de cualquier tipo de organización, pretendiendo conseguir con su aplicación en los principales sectores económicos nacionales, una influencia notable en el consumo de energía mundial, siendo la norma de referencia en el Sector energético, hasta tal punto que el mismo organismo internacional apunta hacia una reducción del consumo Energético del 60% a nivel mundial.

Orígenes de la norma ISO 50001

ISO 50001 se desarrolla a petición de la Organización del Desarrollo Industrial de Naciones Unidas (UNIDO) que había reconocido la necesidad de la industria de un estándar internacional como respuesta eficaz al cambio del climático que ya promovían la proliferación de los distintos estándares nacionales de la Gestión de la Energía.

ISO 50001 fue preparada por el comité de proyecto ISO/PC 242, en el que participaron expertos en normativas locales de 44 países miembros del American National Standards Institute (ANSI) y de la Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) con la colaboración de organizaciones tales como UNIDO y el Consejo Mundial de la Energía.

Esta norma también se ha inspirado en normativas de diversos países tales como: China, Dinamarca, Irlanda, Japón, Corea, Holanda, Suecia, Tailandia, USA y normas de la comunidad Europea.

La presentación de la Norma ISO 50001 se realiza el 17 de junio de 2011 en el Centro Internacional de Conferencias de Ginebra (CICG).

Los objetivos de la ISO 50001

ISO 50001 quiere ser una herramienta para las organizaciones del sector público y privado para aumentar su eficiencia energética, orientada a la reducción de costos y consumos de energía. Además quiere ser, un marco reconocido para la integración de la eficiencia energética en sus prácticas de gestión.

Para ello, las organizaciones multinacionales pueden tener acceso a un estándar único y armonizado para la implementación en toda la organización de un método coherente de mejora continua en la gestión de la energía.

Principales objetivos de la norma:

- Ayudar a las organizaciones a hacer un mejor uso en el consumo energético contando con los activos energéticos existentes.
- Facilitar la transparencia la comunicación sobre la gestión de los recursos energéticos.
- Promover las prácticas óptimas de gestión energética y reforzar el buen uso de la energía en las pautas de gestión de una empresa.
- Ayudar a las empresas a evaluar y priorizar la implementación de nuevas tecnologías de eficiencia energética.
- Promover la eficiencia energética en toda la cadena de suministro
- Promover proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero
- Permitir la integración con otros sistemas de gestión, como medio ambiente, Salud y seguridad.

Beneficios de la ISO 50001

En Común con todas las normativas ISO, el estándar ISO 50001 está pensado para cualquier tipo de Organización, no importando su tamaño, actividad o localización.

ISO 50001 como todas las normas ISO no fija los objetivos de la eficiencia energética, sino que establece un método de Gestión de la Energía que establece una línea de base para luego establecer un sistema de mejora continua. De esta forma, la aplicación de esta normativa se realiza de una forma adaptada al ritmo, capacidad y contexto de cada empresa.

Metodología de la norma ISO 50001

ISO 50001 se basa en el modelo genérico del sistema de gestión ISO que ya es una referencia para cerca de un millón en organizaciones todo el mundo que ya han implementado sistemas tales como ISO 9001 (gestión de calidad), ISO 14001 (gestión medioambiental), ISO 22000 (seguridad alimentaria), ISO / IEC 27001 (seguridad de la información) etc...

En particular, la norma ISO 50001 se basa en la metodología **Plan-Do-Check-Act** proceso de mejora continua del sistema de gestión de la energía basado en **Planificar-Hacer-Verificar – Actuar.**

Plan	Planificar que hacer y como.
Do	Hacer lo que fue planificado.
Check	Verificar si se logro el objetivo.
Act	Actuar en función de los resultados.

Figura 21.- Proceso de mejora continua de la norma ISO 50001

Estas características comunes a la mayor parte de las normas ISO permiten a las organizaciones integrar la gestión de la energía con la gestión de la calidad, el medio ambiente, seguridad de la información etc.

ISO 50001 proporciona un marco de requisitos permite a las organizaciones:

- Desarrollar una política para un uso más eficiente de la energía
- Fijar metas y objetivos para cumplir con la política
- Utilizar los datos para entender mejor y tomar decisiones en materia de energía uso y consumo
- Medir los resultados
- Revisar la efectividad de la política
- Mejorar continuamente la gestión de la energía.

La norma ISO 50001 puede ser implementada de forma individual o integrada con la gestión de otros las normas del sistema.

Contenido de la norma ISO 50001

Como hemos mencionado, el Standard ISO 50001 se basa en la conocida metodología PDCA

Plan : Establecer una Plan Energético en la organización de acuerdo a una planificación que establezca acciones concretas y objetivos para mejorar la gestión de la energía y la Política Energética de la organización

Do: Implementar las acciones previstas en la planificación establecida por la dirección.

Check: Monitorizar los resultados estableciendo los indicadores adecuados que determinen el grado de cumplimiento de los objetivos de la planificación establecida de forma que podamos valorar y divulgar correctamente los resultados.

Act: Revisión de los resultados para tomar las acciones de corrección y mejora que se estimen oportunas

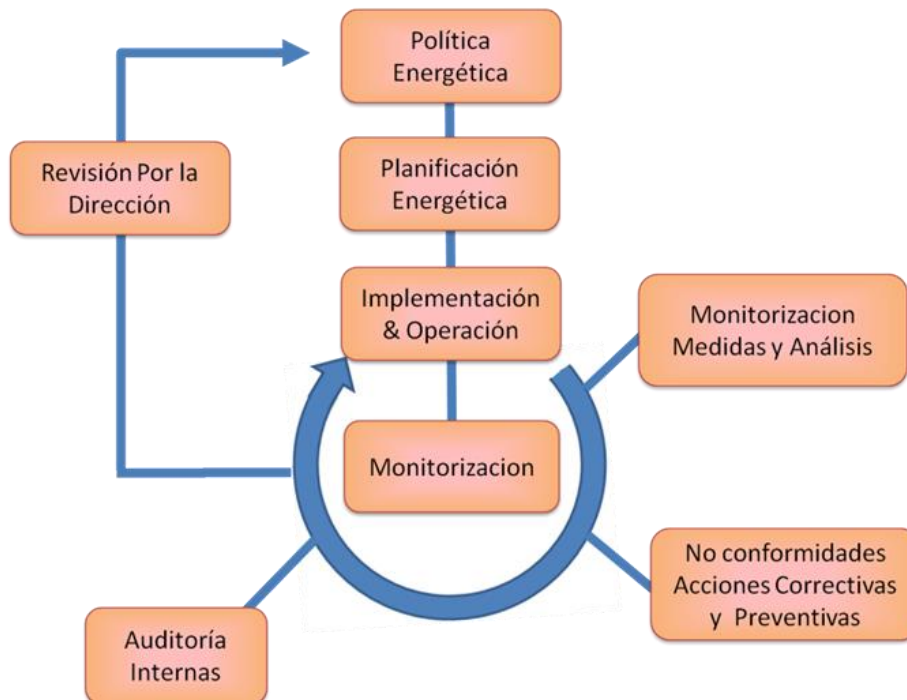


Figura 22.- Estructura del plan energético de la norma ISO 50001 con base en la metodología PDCA

Estructura de la Norma

1. Objeto y campo de aplicación.
2. Referencias normativas.
3. Términos y definiciones.
4. Requisitos del sistema de gestión de la energía.
 - a. Requisitos generales: Define el objetivo de la norma: mejora del desempeño energético para así identificar las oportunidades de mejora y su implementación.
 - b. Responsabilidad de la dirección: Define los requisitos en relación al compromiso de la dirección de la empresa con el apoyo al sistema de gestión de la energía principalmente en cuanto a:
 - i. Asignación de responsabilidades
 - ii. Asignación de recursos
 - c. Política energética: Define los requisitos para establecer un plan de mejora en el desempeño energético, basado en los siguientes puntos:
 - i. Compra de productos y servicios energéticamente eficientes.
 - ii. Compromiso con la mejora continua del desempeño energético (todo lo relacionado con la eficiencia en el uso y consumo de la energía).
 - iii. Compromiso de cumplimiento con los requisitos legales y los acordados internamente en relación con el uso eficiente de la energía.
 - d. Planificación energética: Se establecen los requisitos para la elaboración de un documento de planificación energética, basado en:
 - i. Identificar requisitos legales y otros requisitos.
 - ii. Revisión energética basándose en el análisis del consumo de energía, la identificación de las áreas de uso significativo de la energía y la identificación y registro de las oportunidades de mejora del desempeño energético.
 - iii. Establecer una línea de base de uso y consumo energético en base al estudio del punto anterior.
 - iv. Establecer los indicadores adecuados para realizar el seguimiento del desempeño energético.

- v. Establecer los objetivos y metas energéticas así como planes de acción para conseguirlos.
- e. Implementación y operación: Define los requisitos de la implementación de los planes de mejora del desempeño energético basado en:
 - i. Competencia de la organización en relación al uso de la energía garantizada por formación y la toma de conciencia.
 - ii. Comunicación apropiada de la política energética en la organización.
 - iii. Control documental
 - iv. Control operacional.
 - v. Diseño: Tomar en cuenta los criterios de eficiencia energética en el diseño de nuevas instalaciones, reformas, compra de equipos, especificaciones de productos, etc.
- f. Verificación: Requisitos de la revisión del cumplimiento de los planes energéticos establecidos mediante:
 - i. Seguimiento, mediciones y análisis.
 - ii. Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y otros establecidos.
 - iii. Auditoría interna del sistema de gestión de la energía.
 - iv. No conformidades, acciones correctivas y preventivas.
 - v. Control de registros
- g. Revisión por la dirección: Establecer los requisitos de revisión del sistema de gestión de la energía de la organización para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continuas.

¿Por qué certificarse?

Los Beneficios de la aplicación de la norma ISO 50001 no solo son palpables a la hora de evaluar las ventajas de orden interno, en cuanto a mejora de la eficiencia de los procesos de una organización, sino que además por el hecho de obtener un certificado obtenemos el reconocimiento de nuestros clientes y usuarios.

Por otro lado, el hecho de obtener una certificación, otorgada por un organismo independiente, es una garantía de cara al exterior de la correcta aplicación del Standard ISO 50001 y por tanto, de la correcta gestión de la energía en una organización. (ISO, 2012).

Resultados

Según la norma EN 50160 de la CENELEC asociada a la norma 61000-4-30 de la IEC, las características de alimentación en baja tensión son las siguientes:

PERTURBACIÓN	MEDIDA	LIMITES	INTERVALOS DE EVALUACIÓN	Porcentaje de medidas dentro de límites durante el intervalo
frecuencia	promedio de la frecuencia de cada ciclo durante 10 s	1%	al año	99,5%
		4%/-6%		100,0%
variaciones de la tensión	Promedio de la VAC de cada ciclo durante 10 min	10%	cada semana	99,5%
		10%/-15%		100,0%
variaciones rápidas de tensión	Numero de eventos tipo escalón de tensión hasta el 10% de U_N	indicación 1		
severidad del parpadeo	P_{It} (2 horas)	<1	cada semana	95%
huecos de tensión	Numero de eventos (con $U_N < 0,9U_N$)	indicación 2	al año	
interrupciones breves de la tensión	Numero de eventos (con $U_N < 0,01U_N$ y $t < 3$ min)	indicación 3	al año	
interrupciones largas de la tensión	Numero de eventos (con $U_N < 0,01U_N$ y $t > 3$ min)	indicación 4	al año	
sobretensiones (50Hz)	Numero de eventos (con $U_N > 1,1U_N$ y $t > 10$ ms)	indicación 5		
sobretensiones transitorias	Numero de eventos (con $U_N > 1,1U_N$ y $t < 10$ ms)	indicación 6		
Desequilibrio de la tensión	Promedio de la U_{inv}/U_{dir} de cada ciclo durante 10 min	<2%	cada semana	95%
Tensiones armónicas	Para cada armónico I, promedio de la U_i/U_N en cada ciclo durante 10 min	Ver tabla	cada semana	95%
	Promedio del THD de la tensión referido a U_N en cada ciclo durante 10 min	<8%	cada semana	95%
Tensiones interarmónicas	Por estudiar			
Transmisión de señales	Tensión eficaz de la señal transmitida promediado en 3 s	Ver tabla	cada día	99%

Tabla 12.- Especificaciones de alimentación en B.T. según la norma EN 50160

N°	Indicación
1	Escalones del 5% de U_N son normales. Escalones del 10% de U_N pueden producirse varias veces al día
2	De 10 a 1000. La mayoría duran menos de 1 s y tienen una profundidad inferior al 60% de U_N
3	De 10 a 1000. El 70% de las interrupciones duran menos de 1s
4	De 10 a 50
5	Generalmente no sobrepasan los 1.5 kV AC
6	Generalmente no sobrepasan los 6kV de cresta

Tabla 13.- Indicaciones de la norma EN 50160 para alimentación en B.T.

Según la tabla anterior para las mediciones antes mencionadas, se encontró que las características de alimentación en baja tensión de las subestaciones donde se realizó la medición están dentro de norma, en la siguiente tabla se muestran los resultados:

PERTURBACIÓN	CCM D1			CCM 13 D3			CCM 13 D1 PARO		
	Norma	Medición	Normado	Norma	Medición	Normado	Norma	Medición	Normado
Frecuencia	4% a -6% (60Hz)	59.99 Hz	SI	4% a -6% (60Hz)	59.997	SI	4% a -6% (60Hz)	59.997	SI
Variaciones de la tensión	10% a - 15% (RMS)	3.80%	SI	10% a - 15% (RMS)	5.57%	SI	10% a - 15% (RMS)	8.40%	SI
Variaciones rápidas de tensión	Escalones 10 % V/D	4.20%	SI	Escalones 10 % V/D	1.34%	SI	Escalones 10 % V/D	0.30%	SI
Severidad del parpadeo	Menor a 1 en 2Hrs	0.3	SI	Menor a 1 en 2Hrs	0.285	SI	Menor a 1 en 2Hrs	0.327	SI
Interrupciones breves de la tensión	70% menores a 1 seg	20.00%	SI	70% menores a 1 seg	20%	SI	70% menores a 1 seg	20%	SI
Interrupciones largas de la tensión	10 a 50 al año	0	SI	10 a 50 al año	0	SI	10 a 50 al año	0	SI
Sobretensiones (50Hz)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Desequilibrio de la tensión	> 2% en 2 min	0.10%	SI	> 2% en 2 min	0.13%	SI	> 2% en 2 min	0.17%	SI
Tensiones armónicas	THD Voltaje >8%	1.46%	SI	THD Voltaje >8%	1.31%	SI	THD Voltaje >8%	1.541	SI

PERTURBACIÓN	CCM 12 D1			CCM 15 A3		
	Norma	Medición	Normado	Norma	Medición	Normado
Frecuencia	4% a -6% (60Hz)	59.998	SI	4% a -6% (60Hz)	59.99	SI
Variaciones de la tensión	10% a - 15% (RMS)	0.90%	SI	10% a - 15% (RMS)	1.50%	SI
Variaciones rápidas de tensión	Escalones 10 % V/D	3.10%	SI	Escalones 10 % V/D	2.50%	SI
Severidad del parpadeo	Menor a 1 en 2Hrs	0.255	SI	Menor a 1 en 2Hrs	0.228	SI
Interrupciones breves de la tensión	70% menores a 1 seg	20%	SI	70% menores a 1 seg	20%	SI
Interrupciones largas de la tensión	10 a 50 al año	0	SI	10 a 50 al año	0	SI
Sobretensiones (50Hz)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Desequilibrio de la tensión	> 2% en 2 min	0.13%	SI	> 2% en 2 min	100%	NO
Tensiones armónicas	THD Voltaje >8%	1.16%	SI	THD Voltaje >8%	0.88%	SI

Tabla 14.-Comparación de resultados de las mediciones del S.E. de Bio-pappel contra la norma EN 50160

Únicamente hubo una alteración que se encuentra fuera de los límites establecidos por la norma durante el periodo de medición, el cual se presentó en el CCM 15 A3, dicha alteración fue un desequilibrio de tensión el cual fue del 100% por lo que está muy por arriba de la norma la cual establece que se permite un desequilibrio de tensión de más del 2% durante 2 minutos. De acuerdo a la bitácora elaborada durante el día de medición, se presentó una falla por parte de la compañía suministradora lo cual provocó un corte en el suministro de energía eléctrica.

Se detectó que existe un área en la cual se presentan de manera continua alteraciones en la calidad de la energía, se realizaron las mediciones pertinentes y se detectó que se produce una alta generación de armónicos, en el cual se

aprecia una elevación del THD por arriba del 90% y una depresión de mas de 1000 A en valor RMS, generando una elevación en el factor K de mas de 18 unidades.

El área antes mencionada se conoce como área de control (anexo 3), en la cual se encuentran diversos equipos de control e instrumentación.

Conclusiones

En este estudio se muestra el análisis de la calidad de la energía del sistema eléctrico de la empresa Bio-Pappel, el cual arroja que dicho sistema eléctrico tiene una buena calidad de la energía ya que se encuentra dentro de los estándares de las Normas IEC 61000-4-30 y UNE-EN 50160 y que los niveles encontrados en las mediciones relevantes no superan los límites marcados por dichas normas, esto debido a que aun siendo mediciones altas no se presentan en los porcentajes de tiempo establecidos.

La buena calidad de la de la energía dentro del sistema se debe a que la empresa cuenta con sistemas de filtrado de armónicas en las subestaciones que así lo requirieron y banco de capacitores para la corrección del factor de potencia.

El estudio solo se enfocaría en las subestaciones mencionadas anteriormente, pero a petición del área de instrumentación y control de la empresa se realizó el análisis del área de control donde se encontró que la calidad de la energía es inadecuada ya que se encuentran valores fuera de norma debido a que se detecto una alta generación de armónicos ya que cuentan con un número elevado de sistemas electrónicos para el control e instrumentación de diversos procesos, por lo que se recomienda de instalación de filtros para armónicas exclusivas para dicha área.

Respecto a la hipótesis planteada donde se proyecta que “un análisis de la calidad de la energía proporcionará áreas de mejora para obtener la certificación ISO 50001”, se encontró lo siguiente.

La empresa Bio-Pappel establece dentro de su misión, visión e identidad la preocupación y ocupación por la sustentabilidad dentro de su proceso de producción por lo que cuenta con la certificación ISO 14001 e ISO 9001-2008, para complementar aun mas esta visión la empresa estaría interesada en certificarse en la norma ISO 50001.

La norma ISO 50001 tiene como objetivos el aumento de la eficiencia energética, la reducción de costos y la reducción en el consumo de energía eléctrica, una buena calidad de la energía trae consigo todos los beneficios antes mencionados ya que , por ejemplo, la presencia de armónicos provocara un aumento en la corriente y a su vez un aumento en perdidas por efecto joule, todo esto produciría una baja eficiencia energética, un aumento en el consumo energético y una baja calidad de la energía eléctrica.

El estudio de la calidad de la energía será de mucha ayuda para obtener la certificación ISO 50001 ya que dentro del proceso de mejora continua de dicha norma (PDCA), el análisis de la calidad de la energía seria uno de los puntos importantes a considerar dentro de el “planificar” (plan) ya que seria el punto central de la política energética ya que abarca un gran número de aspectos a cuidar (armónicos, FP, desequilibrios, transitorios, etc.).

Además dentro de la estructura del plan energético de la norma ISO 50001 con base en la metodología PDCA, el estudio de la calidad de la energía seria la parte medular, es decir, la monitorización.

El estudio nos proporcionaría la monitorización de los parámetros eléctricos ya mencionados, los resultados arrojados por el mismo se compararían con el grado de cumplimiento de los objetivos de la planificación establecida por la política energética para posteriormente llevar acabo la revisión de estos y tomar acciones de corrección y mejora que sean oportunas.

Dentro de los requisitos de la norma ISO 50001, los datos entregados por el estudio de la calidad de la energía solventaría el punto que establece el uso de datos para entender mejor y tomar decisiones en materia de energía, uso y consumo.

Así mismo en la estructura de la norma ISO 50001 en el punto 4 Requisitos del sistema de gestión de la energía, establece la incorporación de una política energética (inciso c) y dentro de esta el compromiso de mejora continua del desempeño energético, sin duda el estudio de calidad de la energía arrojó un área de oportunidad para mejorar el desempeño energético, el área de control.

También, el análisis realizado satisface el punto establecido por la norma, donde requiere una planificación energética dentro de la cual se establece que es necesaria una revisión energética basándose en el análisis de consumo de energía, la identificación de las áreas de uso significativo de la energía y la identificación y registro de oportunidades de mejora en el desempeño energético.

En base a todo esto, se esta en posibilidades de afirmar que la hipótesis planteada es correcta, ya que el análisis de la calidad de la energía proporcionó áreas de mejora.

Recomendaciones

De acuerdo al resultado de las mediciones en el área de control se recomienda realizar un estudio mas profundo de ésta área, para el calculo e instalación de filtros de armónicas.

Así mismo se recomienda la adquisición de un equipo capaz de medir transitorios (sags y swells), en intervalos de tiempo mas cortos, milisegundos (ms), esto con la finalidad de poder realizar un análisis de Calidad de Energía más completo mostrando las distorsiones creadas por los equipos de control.

A su vez también se recomienda la adquisición de equipos de instrumentación como transformadores de potencial y corriente con el objetivo de poder medir en sistemas de media tensión logrando con esto tener mediciones de toda la planta.

Bibliografía

Dugan, R. C., McGranaghan, M., Santoso, S., & Wayne Beaty, H. (2003). *Electrical Power Systems Quality* (Segunda ed.). México: McGraw-Hill.

Ferracc, P. (2004). La Calidad de la energía eléctrica. En Schneider, *Cuaderno técnico Schneider, No. 199* (págs. 40-55).

Harper, G. E. (2008). *El ABC de la Calidad de la Energía Eléctrica*. México: Limusa.

Harper, G. E. (2009). *La calidad de la energía en los sistemas eléctricos*. México: Limusa.

IEEE, I. o. (1992). IEEE Standars 519. *IEEE Std 519-1992*.

IEEE, I. o. (1992). IEEE Std 1100-1992. *IEEE Std 1100-1992*.

IEEE, I. o. (1995). Authoritative Dictionary of IEEE Standar Terms. *IEEE 100*.

IEEE, I. o. (1995). IEEE Standards. *IEEE Std. 1159-1995, section 3.1.47, P5*.

ISO. (2012). *ISO 50001 Gestión de la energía*. Recuperado el 1 de agosto de 2012, de www.iso50001.nom.es

Jesus, A. M., Ramirez, J. M., Cruz, O. H., & Antuñano, M. A. (2011). *Calidad de la energía en sistemas eléctricos industriales. Un enfoque actualizado*. Academia Española.

Kusko, A., & Thompson, M. (2007). *Power Quality in Electrical Systems*. New York: McGraw-Hill.

Leal, G. M. (22 de Octubre de 2008). Simposio de Metrología 2008. *Calidad de la energía eléctrica: Camino a la Normalización, 7*. Queretaro, Santiago de Queretaro, México.

Leyva, J. L. (Mayo de 2006). Apuntes de la materia Utilización de la energía. Durango, Durango, México.

Manual de Normas de Ingenieros Eléctricos. (s.f.). *Manual de Normas de Ingenieros Eléctricos, 14^a edición.*

Markiewicz, H., & Klajn, A. (Julio de 2004). Perturbaciones de Tensión: Norma EN 50160 Características de la tensión suministrada por las redes de distribución.

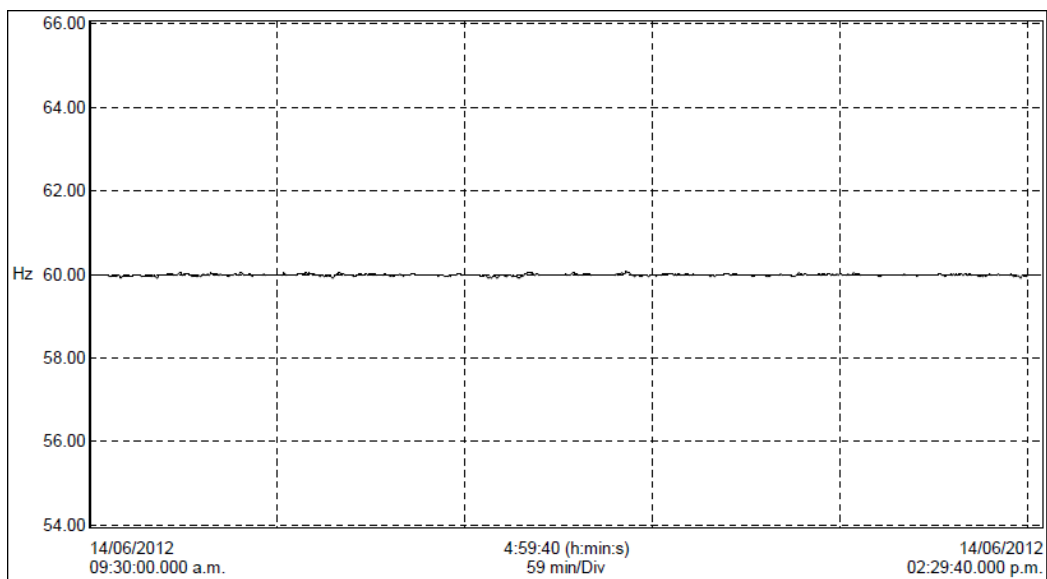
Oms, R. L. (2008). Calidad de la energía eléctrica. *Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, S.A.*, 37-40.

Anexos

Mediciones obtenidas de la Subestación 13 CC; 13-D1

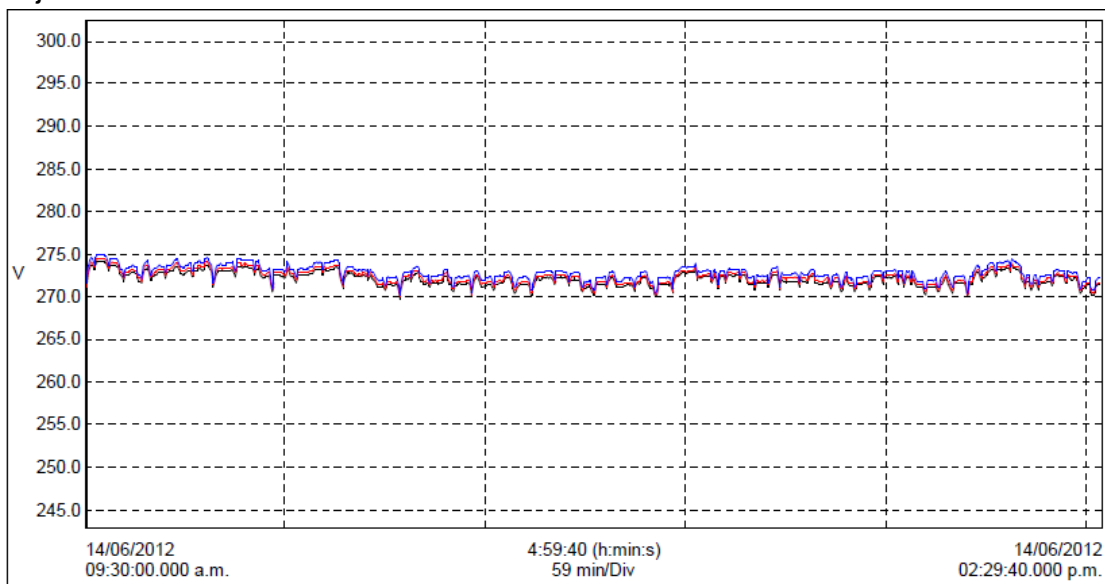
Periodo de medición 5 horas

Frecuencia



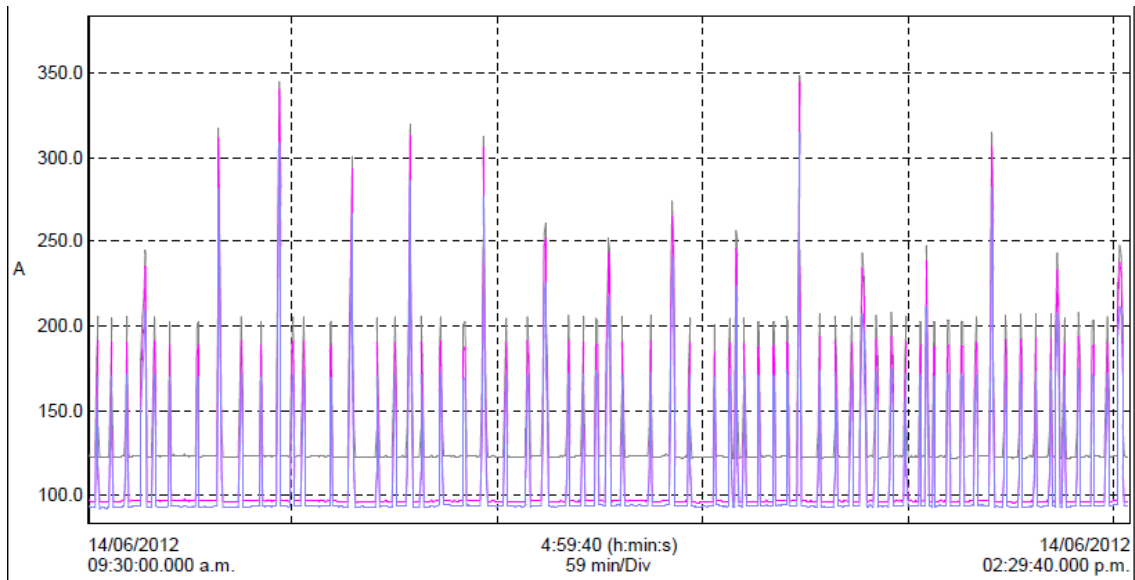
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Duración	Unidades
Frecuencia	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	59.988	59.920	60.070	900	5:00:00	(h:min:s)

Voltaje



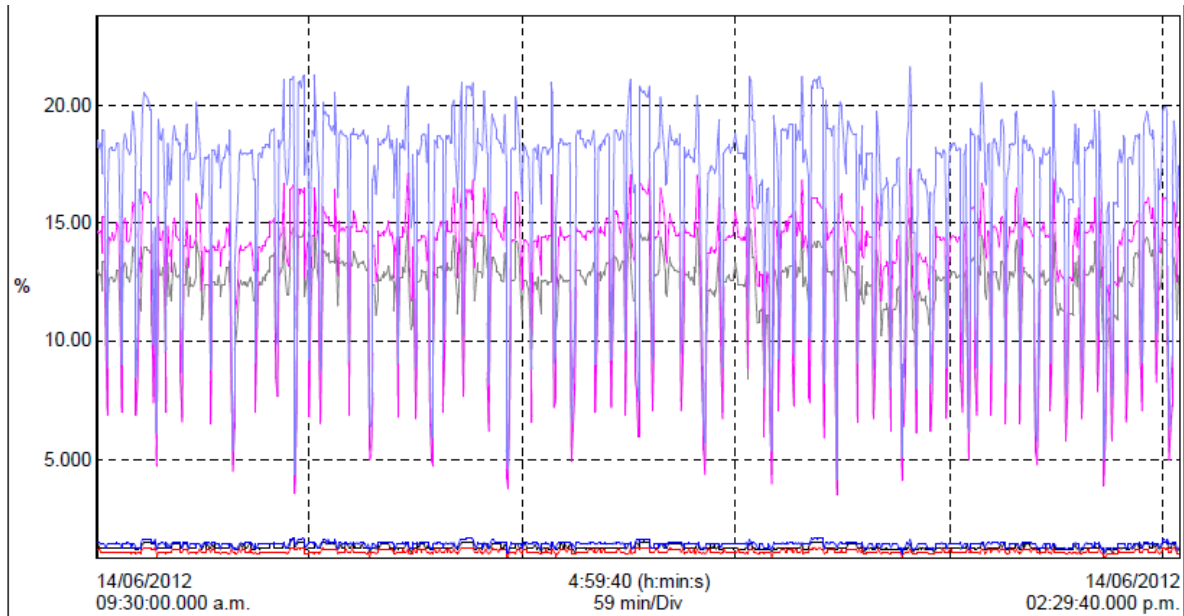
Nombre	Fecha	Hora	RMS	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
V1 RMS	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	272.204	269.800	274.100	V	5:00:00	(h:min:s)
V2 RMS	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	272.506	270.100	274.500	V	5:00:00	(h:min:s)
V3 RMS	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	272.950	270.300	274.900	V	5:00:00	(h:min:s)

Corriente



Nombre	Fecha	Hora	RMS	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
A1 RMS	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	143.750	121.600	348.700	A	5:00:00	(h:min:s)
A2 RMS	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	121.847	95.400	345.200	A	5:00:00	(h:min:s)
A3 RMS	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	114.271	92.100	314.700	A	5:00:00	(h:min:s)

THD

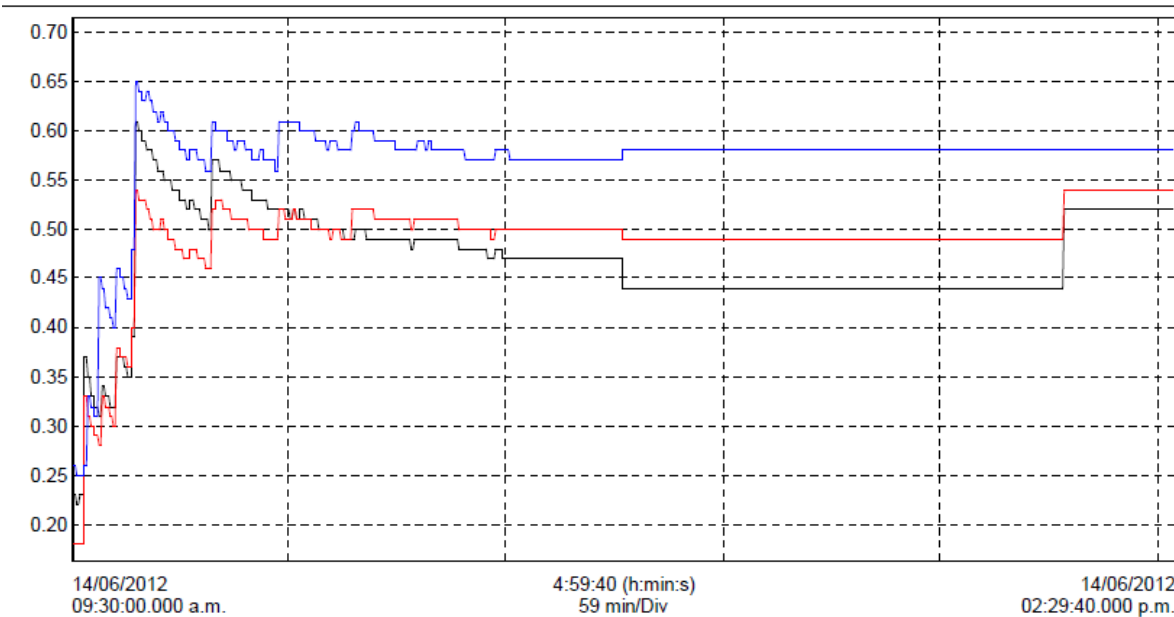


Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
A1 THD	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	11.887	3.800	15.200	%	5:00:00	(h:min:s)
A2 THD	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	13.351	3.500	17.300	%	5:00:00	(h:min:s)
A3 THD	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	16.793	4.200	21.600	%	5:00:00	(h:min:s)
V1 THD	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	1.306	1.000	1.600	%	5:00:00	(h:min:s)
V2 THD	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	1.123	0.900	1.300	%	5:00:00	(h:min:s)
V3 THD	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	1.418	1.000	1.700	%	5:00:00	(h:min:s)

14/06/2012 - 09:30:00.000 a.m.
 Valor

- 1.400 — V1 THD
- 1.200 — V2 THD
- 1.500 — V3 THD
- 12.90 — A1 THD
- 14.70 — A2 THD
- 18.20 — A3 THD

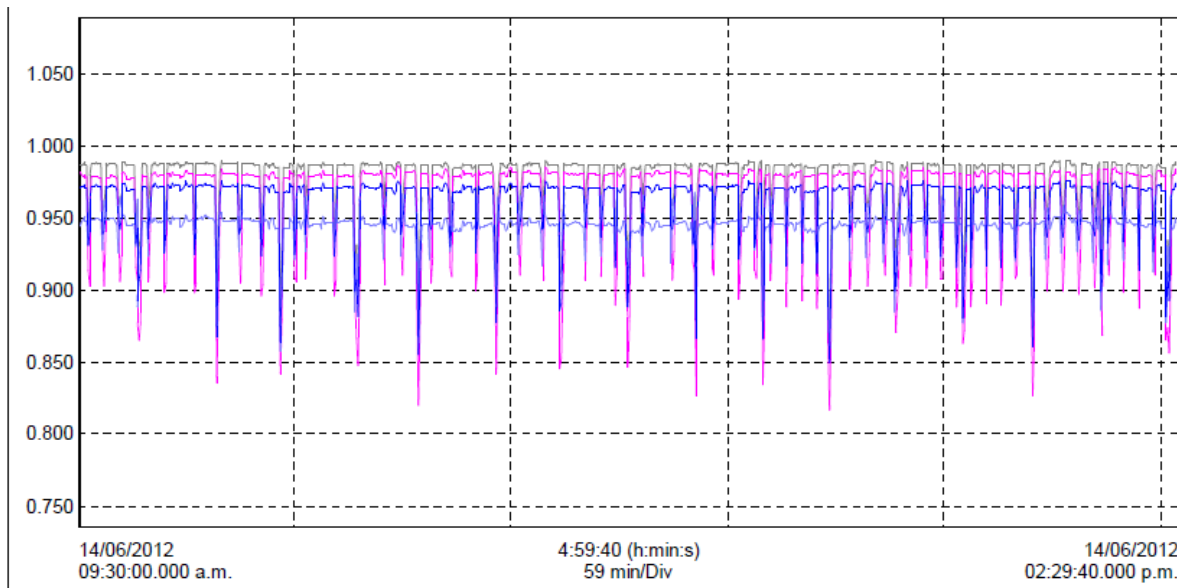
Flicker (Plt)



Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
Plt1	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	0.469	0.220	0.610		5:00:00	(h:min:s)
Plt2	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	0.490	0.180	0.540		5:00:00	(h:min:s)
Plt3	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	0.570	0.250	0.650		5:00:00	(h:min:s)

14/06/2012 - 09:30:00.000 a.m. Valor
 0.230 — Plt1
 0.180 — Plt2
 0.260 — Plt3

Factor de potencia



Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades	Duración	Unidades
PF Mean	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	0.963	0.850	0.976		5:00:00	(h:min:s)
PF1	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	0.979	0.874	0.990		5:00:00	(h:min:s)
PF2	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	0.965	0.817	0.986		5:00:00	(h:min:s)
PF3	14/06/2012	09:30:00.000 a.m.	0.944	0.858	0.968		5:00:00	(h:min:s)

14/06/2012 - 09:30:00.000 a.m. Valor
 0.986 — PF1
 0.982 — PF2
 0.945 — PF3
 0.971 — PF Mean