



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA
Y URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

TESIS

**“ANÁLISIS Y PROPUESTA DE CALIDAD DE
POTENCIA ELÉCTRICA MEDIANTE REDUCCIÓN
DE ARMÓNICAS CON FILTRO ACTIVO DE
POTENCIA SHUNT (FAPS) EN SUB ESTACIONES
DE 10/22.9 KV DE CAJAMARCA – REGIÓN
CAJAMARCA”**

Autor:

Bach. BONIFACIO NAMOC, Wilfredo

Asesor:

Ing. NIÑO VÁSQUEZ, Percy Edwar

Línea de Investigación:

Gestión de la Energía – ENERGIA

Pimentel- Perú

2018

INDICE

Índice.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
RESUMEN	vi
PALABRAS CLAVE.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 Situación del Problema	9
1.1.1 Situación Internacional.....	9
1.1.2 A nivel Nacional.....	14
1.1.3 A nivel Local.....	17
1.2 Formulación del problema	19
1.3 Objetivos	20
1.3.1 Objetivo General	20
1.3.2 Objetivos Específicos.....	21
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	21
1.4.1 Justificación Técnica	21
1.4.2 Justificación Social.....	22
1.4.3 Justificación Económica.....	22
1.4.4 Justificación Ambiental.	22
1.4.5 Impacto Social.	22
1.5 Antecedentes de la investigación.	22
1.6 MARCO TEÓRICO.....	30
1.6.1 Base teórica – científica.....	30
1.7 Definición de términos	43
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
2.1. Tipo de investigación.....	48
2.2. Método de investigación.....	48
2.3. Población y muestra	48
2.3.1 Población	49

2.2.1	Muestra:	50
2.4	Variables y Operacionalización.....	50
2.4.1	Variables independientes.-	50
2.4.2	Variables dependientes.-.....	51
2.5	Hipótesis.....	51
	Hipótesis.- Compensación con filtro activo shunt.....	51
2.5.1	Características de la propuesta	52
2.5.2	Componentes	53
2.6	Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	59
2.6.1	Técnicas utilizadas para obtener los datos de la investigación.....	59
2.6.2	Técnicas utilizadas para el análisis de la información	60
2.6.3	Descripción de Contaminación del Sistema Eléctrico mediante la generación de armónicas eléctricas.....	64
2.6.4	Técnicas utilizadas para obtener los datos de la investigación.....	66
2.7	Validación y confiabilidad de los instrumentos utilizados	68
3.	RESULTADOS	68
5.	CONCLUSIONES	74
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	76
7.	ANEXOS.....	78

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico primeramente a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto de mi segunda especialidad, así como haberme dado salud para culminarlo exitosamente, ser el manantial de mi vida y darme lo necesario para seguir adelante día a día y así lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

Con mucho cariño, amor y mucha alegría, este trabajo se lo dedico mi madre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. Si se encontrara viva podría decirle misión cumplida, pero ahora ella sabe que lo que ha sembrado no cayó en tierra desértica ni árida.

Agradecimiento

Mi agradecimiento eterno para mi esposa Rosario y mis hijos que sin su apoyo no hubiera logrado mis proyectos. Para mis docentes de la USS quienes me han dado la oportunidad de poder ampliar mis conocimientos con sus enseñanzas y permanente dedicación.

Para mis familiares, mil palabras no bastarían para agradecerles todo su aliento, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

A todos mis amigos, espero no defraudar y contar siempre con su comprensión sincera e incondicional.

RESUMEN

En el trabajo se desarrolló el análisis, estudio y cálculo de instalación de filtro activo de potencia shunt en un sistema de transformación de potencia en el lado de Media Tensión 10/22.9 kV del sistema Eléctrico de Cajamarca, con el fin de compensar las armónicas que ocasionaron la distorsión de la onda sinusoidal además que producían ruidos contaminantes.

La importancia radica en que éste proyecto sirve para compensar las armónicas que son distorsión de las ondas sinusoidales de la tensión y corriente y generaban pérdidas técnicas y económicas inaceptables en distribución en el Sistema Eléctrico Cajamarca, que en la actualidad se han incrementado debido al uso de impedancias no lineales que además de alterar la calidad del servicio emiten ruidos resonantes que contaminan el medio ambiente.

La metodología empleada fue analítica y cuasi experimental, tomando como referencia las normas internacionales IEE y las normas nacionales CEN – Utilización, así como la información técnica especializada actualizada que hasta hace poco a sido propuesta por empresas internacionales sin que se haga llegar una posición crítica para la solución de los problemas que se van incrementando con el avance en la electrónica de potencia.

Como resultado se determinó las características técnicas de un filtro que redujo a niveles aceptables la distorsión sinusoidal de la tensión y corriente, así como la disminución de las pérdidas económicas que se presenta en las sub estaciones de distribución en el ámbito de la Unidad de Negocios de Hidrandina Cajamarca.

PALABRAS CLAVE

Armónicas, Ruido Contaminante, Filtro activo de potencia shunt, Distorsión, THD (Distorsión armónica total)

ABSTRACT

At work the analysis, study and calculation installation of shunt active power filter system processing power on the side of medium voltage 10 / 22.9 kV Electric Cajamarca system was developed in order to compensate for the harmonics they caused distortion of the sine wave plus noise producing pollutants.

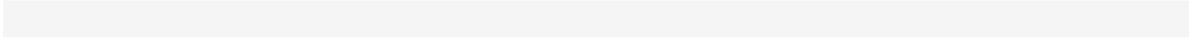
The significance is that this project serves to compensate the harmonics which are distorted sine waves of voltage and current and generated unacceptable technical and economic losses in the electricity distribution system Cajamarca, which now have increased due to the use of nonlinear impedance in addition to altering the quality of broadcast service resonant noise that contaminate the environment.

The methodology used was analytical and quasi-experimental, with reference to international standards IEE and national standards CEN - Use, and the specialized technical information to date that until recently been given by international companies without that reaches the critical position the solution of the problems are increasing with the advancement in power electronics.

As a result the technical characteristics of a filter that reduced to acceptable levels the distortion of the sinusoidal voltage and current as well as the reduction of economic loss that occurs in the distribution sub stations in the field of Business Unit determined Hidrandina Cajamarca.

KEYWORDS

Harmonic, noise pollutant, shunt active power filter, distortion, THD (Total Harmonic Distortion)



INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Situación del Problema

1.1.1 Situación Internacional

España

El Ingeniero Gabriel López Solar (lopez@tudor.es), resumió algunas observaciones realizadas en España en el estado de Calabria, referente a los sucesos que se presentan debido a la presencia de perturbaciones de ondas no sinusoidales conocidos como armónicas eléctricas.

Este resumen básicamente establece el deterioro que se produce en la calidad del servicio de energía eléctrica. Estos armónicos se producen en los propios equipos perturbadores y en los demás dispositivos de uso industrial. Uno de estos dispositivos que más se ha visto afectado por la presencia de los armónicos en la zona son los transformadores de tensión.

Estándares Europeos

La IEC (International Electrotechnical Commission) y el CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica) han establecido normas que limitan perturbaciones de baja frecuencia en redes industriales y domésticas, como las normas IEC 61000 y EN 61000.

La IEC exige en su estándar IEC 61000-3-2 que los fabricantes limiten el consumo de armónicos de corriente de sus productos. Este estándar se aplica a todas las cargas monofásicas y trifásicas de menos de 16 A por fase. Los productos deben certificarse en laboratorios autorizados para asegurar que cumplen el IEC 61000-3-2, efectivo desde el 1 de enero del 2001.

El estándar clasifica las cargas eléctricas en cuatro grupos, tal y cómo muestra la tabla C.1. La clasificación original viene reflejada en la parte izquierda de la tabla,

pero tras diversas negociaciones con los principales fabricantes, la enmienda A14, reflejada en la parte derecha de la tabla, se hizo efectiva el 1 de Enero del 2004.

Tabla C.1. Clasificación de cargas según es Standard IEC 61000-3-2.

Clase	Clasificación EN 61000-3-2	Clasificación Enmienda A14
A	Equipos trifásicos equilibrados, equipos monofásicos no incluidos en otras clases	Equipos trifásicos equilibrados; aparatos domésticos excluyendo equipamiento identificado como clase D; herramientas (excepto portátiles), reguladores para lámparas incandescentes, equipos de audio; cualquier otro no incluido en las demás clases
B	Herramientas de potencia portátiles	(sin cambios)
C	Equipos de iluminación de más de 25 W	Todo equipo de iluminación excepto reguladores de lámparas incandescentes
D	Monofásicos, sin motor, bajo 600 W y con “forma de onda especial	Monofásicos, bajo 600 W, PCs, monitores de PCs, receptores de TV

Fuente: Norma IEEE

Los convertidores usados en sistemas fotovoltaicos con conexión directa a la red eléctrica suelen estar englobados en la clase A. En los inversores estudiados en este proyecto las corrientes de salida son siempre inferiores a 16 A, y las cargas son simétricas y equilibradas, porque pertenecen claramente al equipamiento de clase A.

La tabla C.2 muestra los límites de corriente armónica permitidos por la IEC 61000-3-2 para el equipamiento de clase A. Nótese que estos límites corresponden a

armónicos de corriente individuales, y no especifican la distorsión armónica total (THD).

Tabla C.2. Límites para los equipos de la Clase A Standard IEC 61000-3-2.

ORDEN DE ARMONICOS (h) Armónicos Impares	CORRIENTE DE ARMONICA MAX. PERMITIDA
3	2.30
5	1.14
7	0.77
9	0.40
11	0.33
13	0.21
$15 \leq h \leq 39$	2,25/1h

ORDEN DE ARMONICOS (h) Armónicos Pares	CORRIENTE DE ARMONICA MAX. PERMITIDA
2	1.08
4	0.43
6	0.30
$8 \leq h \leq 40$	1.84/1h

En España, además del estándar IEC 61000 para limitar la distorsión armónica de corriente, el límite de distorsión de tensión aceptado por UNIPEDA (Unión de productores y distribuidores de energía eléctrica) es de $THD_v = 5\%$ para redes industriales en baja tensión, mientras que en media y alta tensión el nivel máximo recomendado por los organismos internacionales es de $THD_v = 3\%$.

EE.UU

Estándares Norteamericanos

Las numerosas diferencias existentes entre los sistemas eléctricos Europeo y estadounidense sugieren que en EEUU los límites armónicos tienen que ser diferentes a los establecidos en los estándares de la IEC. El sistema europeo no usa neutro en sistemas de distribución aéreos de media tensión, ni vaina para cables subterráneos, y sí usa transformadores Δ - Y para reducir la tensión a 400/230 V. Como consecuencia, es menos susceptible a los armónicos triples (3, 6, 9...) que el sistema estadounidense. El sistema europeo incluye una extensa distribución secundaria de 400/230 V, creando una mayor impedancia en la red de distribución que el sistema estadounidense. No obstante, este último posee una mayor impedancia del secundario por detrás del punto de conexión (PCC) debido al menor tamaño de los transformadores usados en la distribución.

En EEUU ya está vigente la normativa IEEE 519-1992 que limita la cantidad de corriente armónica inyectada a la red general, y responsabiliza al cliente por la misma. El estándar IEEE 519-1992 recomienda prácticas y requisitos para el control de armónicos tanto a nivel de usuario como de redes. La tabla C.3 recoge los límites corriente armónica que el usuario del equipo electrónico de potencia puede inyectar en la red pública. La tabla C.4 recoge los límites de tensión armónica que la red puede suministrar a los usuarios.

Tabla C.3. Límites de corriente armónica (I_h/I_1) (%) establecidos en el IEEE 519-1992

ISC/ I_1	ORDEN DE ARMONICOS IIMPAR					THD (%)
	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	
<20	4	2,0	1,5	0,6	0,3	5.0
20-50	7	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50-100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0

100-1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
>1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Nota: Límites armónicos de corriente para carga no lineal conectada a la red pública en el punto de conexión (PCC) con otras cargas a las tensiones de 2.4-69 kV.

I_{SC} es la corriente de cortocircuito máxima en el PCC. I es la corriente fundamental máxima en el PCC. Los armónicos pares están limitados al 25% de los límites para armónicos impares.

Tabla C.4. Límites de tensión armónica (V_h / V_I) (%) para Productores de Energía establecidos en el estándar IEEE 519-1992.

	2.3-69kV	69-138kV	>138kV
(V_h / V_I) (%)	3.0	1.5	1.0
THD (%)	5.0	2.5	1.5

Nota: Esta tabla recoge la calidad de la tensión que los productores eléctricos deben proporcionar a los usuarios. Se basa en el nivel de tensión suministrado al usuario.

Una red puede ser capaz de suministrar una tensión con una THD dentro de los límites establecidos en la tabla C.4 siempre que la corriente armónica inyectada por los usuarios en la red se ajuste a los límites de la tabla C.3. Estas tablas están orientadas principalmente a sistemas trifásicos, ya que son los que inyectan una mayor cantidad de potencia en la red, y por lo tanto los que pueden causar más daños si la corriente inyectada presenta un gran número de armónicos. No obstante, también pueden ser usadas como referencia para limitar la distorsión en sistemas monofásicos.

1.1.2 A nivel Nacional

El uso de mayores dispositivos o equipos de orden lineal y el incremento de equipos electrónicos, han evidenciado el crecimiento de la presencia de ondas no sinusoidales que perturban el funcionamiento de equipos que requieren las ondas sinusoidales de corriente y tensión perfectas para su funcionamiento óptimo.

Tales equipos pueden originar la operación incorrecta de los relés, medidores de energía, transformadores de potencia, reseteo de ordenadores o PLC,

En la década del 90 las empresas de distribución de energía eléctrica están siendo fiscalizadas, por el OSINERGMIN, para la entrega de una energía eléctrica de buena calidad, el mismo que no permite las perturbaciones en el sistema eléctrico debido a la presencia de los perturbadores armónicos del orden 3, 5 y 7 especialmente.

En la actualidad se planea instalar filtros de armónicas de diferentes tipos, con los resultados esperados y en muchos casos efectivos; ya que es prácticamente imposible eliminar estos elementos perturbadores, por lo que solamente se vienen reduciendo a límites permisibles aprobados por las Normas Internacionales (CEI) y Nacionales (CNE).

Tal es el caso de la Resolución N° 616-2008-OS/CD, en que el OSINERGMIN establece la medición de las perturbaciones por armónicas eléctricas como calidad del servicio y su aplicación a partir del segundo semestre del año 2009 para todas las empresas de distribución eléctrica.

En el XVI CONIMERA [11], llevado a cabo en la ciudad de Lima el año 2005, se trata un caso de resonancia a Frecuencia, expuesta por el MSC Ing. Francisco Torres García, integrante del COES cuyo análisis es como sigue:

[11] En las dos últimas décadas el sistema eléctrico Peruano ha tenido grandes cambios debido a su crecimiento e integración con las otras áreas que operaban

en forma aislada. Es así que, primeramente en el año 1980 el área aislada centro se interconectó con el área norte a través de una línea de 160 km en el nivel de 220 kV que unió las subestaciones de Zapallal y Paramonga Nueva (L-212), además para el control de tensión se instaló un reactor de 40 MVar 2 / 10 en el nivel de 220 kV en ésta última subestación

Luego en 1997 entró en operación la central térmica de Aguaytía (160 MW), la cual se conectaba a la S.E. Paramonga Nueva a través de una línea de 392 km en 220 kV, ésta línea en su paso por la S.E. Tingo María se interconectó a las líneas de 138 kV mediante un autotransformador de 50 MVA, formando una configuración cerrada que se llamó “Anillo de Tingo María”.

El tramo de línea Tingo María-Paramonga Nueva por ser de 318 km, tenía su propia compensación reactiva al estar conectado un reactor de 30 MVar en lado de la S.E. Tingo María, de manera que al conectarse en vacío desde el lado de la S.E. Paramonga Nueva se energizaría línea – reactor juntos para evitar sobretensiones que afecten al sistema, tal como se observará en:

REGION CENTRO

S.E. MANTARO - S.E.ZAPALLAL - S.E.PARAMONGA NUEVA

REGION NORTE

S.E.TINGO MARIA

Ingreso de la C.T. Aguaytía y formación del “Anillo de Tingo María”.

En Setiembre del 2000 se interconectó el área sur al sistema centro-norte mediante una línea de 610 km, con compensación serie a doble terna en 220 kV. Posteriormente, en el año 2001 en el anillo de Tingo María entró a operar el centro minero Antamina (80 MW) conectado aproximadamente a la mitad la línea Tingo María-Paramonga Nueva dividiéndola en dos tramos, mediante la S.E. Vizcarra en 220 kV de configuración en anillo y con un SVC de +90MVar

y -45MVAr . Este cambio mejoró el desempeño dinámico del área; sin embargo, dio origen a problemas de fenómenos transitorios electromagnéticos ante algunas configuraciones especiales de la red:

REGION CENTRO – SUR

S.E. MANTARO - S.E. ZAPALLAL - S.E. PARAMONGA NUEVA

REGION NORTE

S.E. TINGO MARIA SVC

Ingreso del Centro Minero en 220 kV, del “Anillo de Tingo María”.

Con la evolución y cambios en las redes, se formó el sistema eléctrico interconectado nacional, el cual quedó distribuido geográficamente en el territorio nacional.

Siendo, la principal característica de ser muy radial y tener la carga concentrada en el centro del sistema (Lima); así también, tener Centrales de generación predominantemente hidráulicas muy apartadas de la carga, e interconectadas por líneas muy largas.

Esta última característica propició que las centrales de generación, observen en bornes de máquinas impedancias externas equivalentes de valores entre 0.3 a 0.6 pu, lo que le da un comportamiento dinámico muy débil.

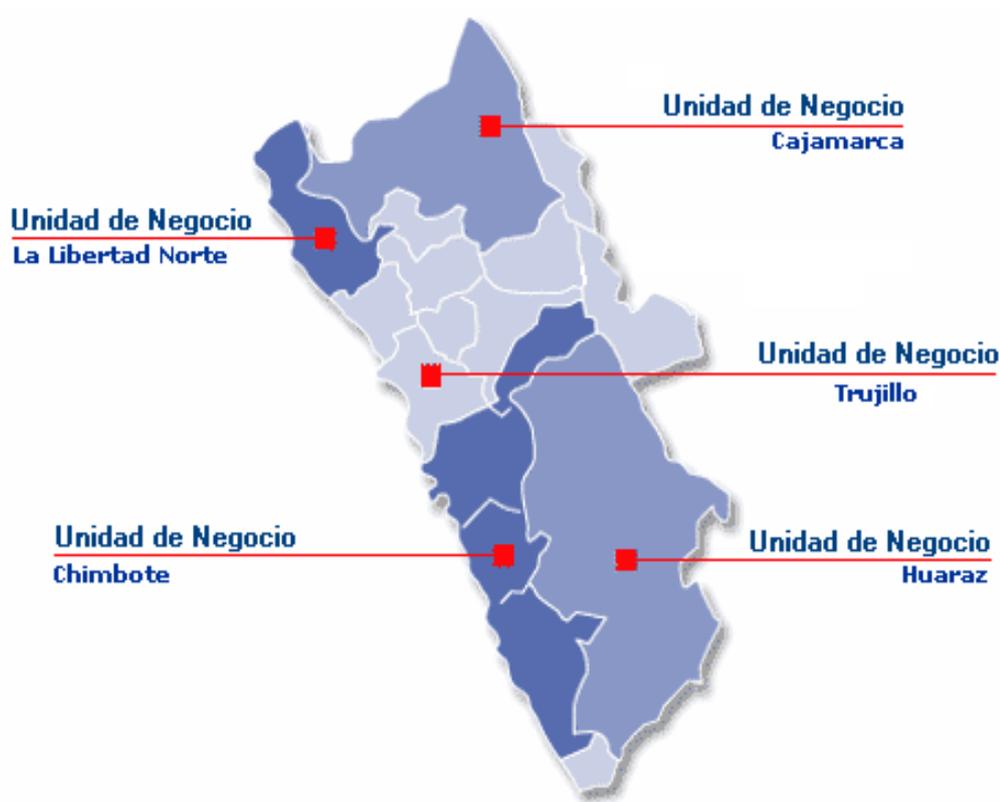
En el periodo de mínima demanda, el sistema presenta en algunas áreas operativas (norte y sur), déficit de compensación reactiva inductiva manifestándose mediante tensiones elevadas de operación; mientras que, en periodo de máxima demanda otras áreas (Lima) presentan déficit de compensación reactiva capacitiva, manifestándose por muy bajas tensiones de operación.

En consecuencia, el sistema eléctrico peruano presenta zonas críticas en los cuales se evidencian problemas dinámicos y transitorios electromagnéticos como la resonancia y ferro resonancia.

1.1.3 A nivel Local

Cajamarca: Clientes 97,785, Coef. Electrificación 81.70%, Área de Concesión (Km²) 103, Redes MT (Km) 2,314, Redes BT (Km) 3,443, SED 1,943.

ZONA DE CONCESIÓN HIDRANDINAS S.A. – GRUPO DISTRILUZ



Fuente: Grupo Distriluz

Las **pérdidas de energía en el sistema de distribución** representaron el **9.60%** de la energía distribuida en media y baja tensión, muy similar al registrado el año anterior (9.56%). Las pérdidas en media tensión han disminuido con la puesta en servicio de la S.E Trujillo Noroeste y el traslado de redes de la S.E Trujillo Sur a los alimentadores de la nueva subestación. Los factores de expansión de pérdidas calculados por la Gerencia Adjunta de

Regulación Tarifaria (GART) del OSINERGMIN reconocen un **6.65%** en pérdidas de distribución para la empresa.

Calidad del servicio

Producto - Tensión

Se efectuaron las evaluaciones de los niveles de tensión conforme las exigencias de la NTCSE, obteniéndose los siguientes resultados:

Mediciones de baja tensión.- Durante el año 2011 se realizaron 2,200 mediciones de baja tensión cuyos resultados son: el 54% ó 1,190 mediciones de buena calidad; un 30% ó 664 mediciones de mala calidad y el 16% ó 346 mediciones fallidas.

Mediciones de media tensión.- Durante el año 2011 se realizó un total de 1,530 mediciones de media tensión con los siguientes resultados: el 81% ó 1,243 mediciones fueron de buena calidad; el 2% ó 26 mediciones de mala calidad y un 17% ó 261 mediciones resultaron fallidas.

Para corregir las deficiencias de las redes de distribución donde se detectó mala calidad de tensión, se ejecutaron trabajos operativos (balance de cargas, regulación de tap's en los transformadores de las subestaciones de distribución, etc.), obras de remodelación y reforzamiento de redes en el sistema eléctrico.

Programa de Mantenimiento Predictivo

Medición de resistencia de los sistemas de puesta a tierra en subestaciones, seccionamientos de línea.

Medición de puntos calientes con equipo Termo visor.

Medición y monitoreo de parámetros eléctricos (tensión, corriente) en las subestaciones de distribución.

Medición y monitoreo de la rigidez dieléctrica de los transformadores de distribución.

Programa de Mantenimiento Preventivo

Cambio de pararrayos y seccionadores cut-out.
Cambio de estructuras de media tensión y baja tensión.
Mantenimiento y cambio de tableros de distribución.
Mantenimiento de transformadores.
Limpieza y mantenimiento de franja de servidumbre.
Implementación de nuevas subestaciones para mejora de la calidad del producto.

Programa para mejora de la Calidad del Producto

Rotación de transformadores.
Balances de fases en redes de baja tensión.
Traspos de carga en redes de baja tensión.
Programa de regulación de taps en subestaciones de distribución.
Programa de readecuaciones y reforzamiento menores en redes de baja tensión.

PROBLEMÁTICA DE LA CONCESIONARIA:

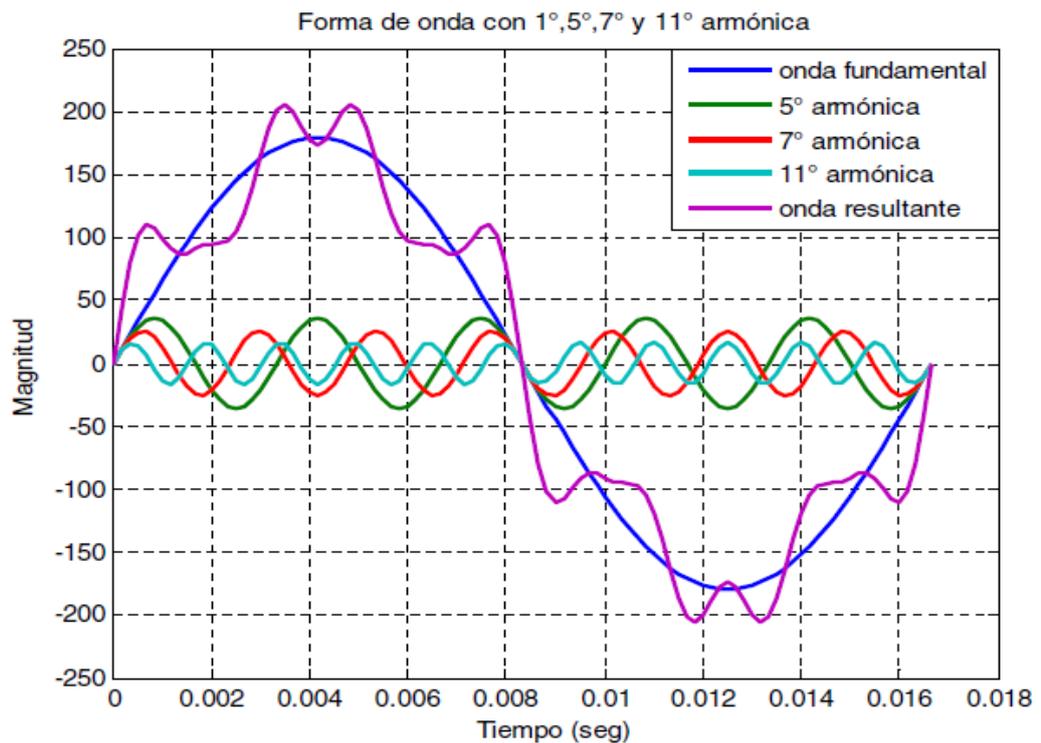
Como podrá apreciarse en los antecedentes de la Empresa Hidrandina S.A., ésta no ha considerado en sus programas del año 2013, la implementación de filtros que permitan mejorar la calidad de su producto, de tal manera que reduzca las distorsiones de las ondas sinusoidales que producen daños domésticos e industriales y por tanto tampoco han considerado éstos elementos para el año 2014, donde la mala calidad del servicio es del orden del 30%, según la Memoria Anual del 2010 de HIDRANDINA S.A.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿COMO ANALIZAR LA CALIDAD DE LA POTENCIA ELECTRICA?

La presencia de armónicos ocasionan pérdidas técnicas y económicas a la empresa concesionaria de Distribución eléctrica, además dañan la infraestructura eléctrica

y ocasionan el acortamiento de la vida útil de los artefactos eléctricos de los usuarios de Cajamarca, el incumplimiento de la normatividad de Calidad del Servicio Eléctrico (NTCSE) viene ocasionando daños materiales y personales a los usuarios de la Región Cajamarca. Y luego de un análisis se ha llegado a la conclusión que se puede minimizar éste fenómeno mediante la instalación de FILTROS activos de potencia.



DISTORSION DE LA ONDA FUNDAMENTAL MEDIANTE ARMONICAS

Fuente: Florez Mora Juan José - Armónicos

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la instalación de filtros activos de armónicas eléctricas, para disminuir la presencia de armónicas más dañinas de la clase 3, 5 y 7 de tal manera que se cumpla con la norma norteamericana IEEE 519-1992, norma Internacional IEC 61000 y la NTCSE establecidas para limitar las perturbaciones de baja frecuencia para las redes eléctricas industriales y domésticas en barras de sistemas eléctricos de 10kV y 22,9kV.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Evaluar la presencia de armónicas eléctricas dañinas en los sistemas eléctricos industriales y domésticos.
- Proponer un filtro activo de armónicos en general.
- Analizar el cumplimiento de las Normas peruanas establecidas para la emisión de armónicas en las redes eléctricas, así como el cumplimiento de la calidad de Servicio Eléctrico de la concesionaria de servicio eléctrico.
- Proponer la utilización de filtros activos efectivos para limitar las perturbaciones en los equipos eléctricos y electrónicos.

1.4 JUSTIFICACIÓN

1.4.1 Justificación Técnica

El presente proyecto ayudará a evaluar la inyección de armónicas eléctricas en el sistema productivo o doméstico inmersas en el sistema eléctrico de la empresa concesionaria de la provincia de Cajamarca, dicha evaluación ayudará a verificar si los estándares normalizados de presencia de armónicas se vienen cumpliendo. Asimismo se podrá redistribuir los transformadores de distribución, alcanzando mayor eficiencia a la vez que ampliará los tiempos de mantenimiento preventivo.

1.4.2 Justificación Social

La justificación social se ve reflejada en forma indirecta por la satisfacción que tendrán los usuarios de servicio eléctrico al recibir una mejor calidad de energía eléctrica como consecuencia del control de estándares en la presencia de armónicas eléctricas, las que regulan el tiempo de funcionamiento normal de algunos equipos de uso diario.

1.4.3 Justificación Económica.

La presencia de armónicas eléctricas, distorsionan los equipos de medición utilizados por la empresa concesionaria al mismo tiempo que afectan el funcionamiento de equipos de protección del sistema eléctrico; los mismos que ocasionan pérdidas económicas no controladas, cuando la presencia de armónicas están fuera de los estándares establecidos.

1.4.4 Justificación Ambiental.

La excesiva presencia de armónicas entre los equipos electromagnéticos produce el fenómeno de resonancia; acompañada de ruidos y vibraciones que contaminan el medio ambiente.

1.4.5 Impacto Social.

Permanentemente se viene observando que los usuarios se apersonan a las oficinas de la concesionaría para reclamar el deterioro de sus equipos electrónicos debido a las interrupciones imprevistas, esto es debido a que la presencia excesiva de armónicas eléctricas deterioran los condensadores de los equipos, ocasionando un deterioro prematuro; la presente investigación disminuirá éste inconveniente, produciendo bienestar a la población.

1.5 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

Nivel Internacional

Ecuador

Castañeda O. y Castañeda W. (1992) en su publicación *Análisis de Calidad de Energía acerca de la Calidad del Producto e Influencia de Armónicos de Corriente dentro del Área de Concesión de CNEL-Milagro*, tras haber observado que existen pérdidas eléctricas a causa de las armónicas que se generaban en un sistema eléctrico y que alteraban la calidad del producto, tuvo como objetivo controlar la distorsión armónica y llegó a la conclusión de que pueden darse normas para la utilización de filtros. Presentamos su propuesta:

Análisis de Calidad de Energía acerca de la Calidad del Producto e Influencia de Armónicos de Corriente dentro del Área de Concesión de CNEL-Milagro

† *Corporación Centro Nacional de Control de Energía - CENACE*

‡ *Eléctrica de Guayaquil*

Resumen.- El incremento en la productividad con logros en la industria debido a la automatización, en especial la electrónica de potencia ha producido una generación de equipos de alta capacidad, rendimiento y bajo costo siendo cargas no lineales altamente sensibles a las variaciones en el suministro eléctrico, siendo perturbada por la presencia de estas cargas la energía entregada por las empresas distribuidoras, lo que conlleva a su vez que provean un servicio confiable, ininterrumpido y libre de perturbaciones.

El análisis de calidad de energía acerca de la calidad del producto se realiza de acuerdo a la Regulación No. CONELEC1 004/001, y la influencia de los armónicos de corriente mediante la norma internacional IEEE2–Standard-519-1992.

El estudio de los resultados obtenidos de los diversos parámetros dentro de las mediciones realizadas por la Dirección de Planificación de CNEL3-Milagro y una simulación del efecto de los armónicos de corriente, nos

permitió emitir conclusiones factibles para mantener en todo momento el funcionamiento continuo, seguro y adecuado de los equipos eléctricos y procesos asociados, sin afectar el medio ambiente y el bienestar de las personas.

MEXICO

En México Héctor de Jesús Alvarado Perusquía y Juan Manuel Ramírez Sánchez, presentan la tesis para obtener el título de Ing. Electricista:

Tesis:

“METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE PROPAGACIÓN Y FILTRADO DE ARMÓNICAS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS”

Donde plantean el problema que ocasiona la distorsión de las señales de la corriente y la tensión en un sistema de distribución eléctrica, que en resumen dice lo siguiente:

Resumen.- Actualmente, la presencia de equipos basados en electrónica de potencia cuya operación es no lineal, instalados en los sistemas eléctricos, ha incrementado la presencia de distorsión en la señal de corriente y/o tensión eléctrica, originando problemas en la calidad de la energía eléctrica. Como una solución a este problema, en esta tesis se desarrolla una metodología para el análisis de propagación y filtrado de armónicos y su implementación al programa MATLAB para reducir la distorsión armónica de tensión.

En esta tesis se describen las armónicas en los sistemas eléctricos, como son generadas y transmitidas, su interacción con los diferentes elementos del sistema eléctrico y los efectos que producen en ellos.

Se describen filtros armónicos como una medida de control de la distorsión armónica en los sistemas eléctricos, explicando su funcionamiento y configuración establecida por normas internacionales y nacionales.

En este trabajo se propone una metodología para el análisis y filtrado de sistemas eléctricos contaminados con señales armónicas, haciendo hincapié en el uso de las normas establecidas para el control de la distorsión armónica, además se describe el proceso para el cálculo de los elementos del filtro armónico.

Se utilizan como casos de estudio dos ejemplos de sistemas eléctricos del IEEE, y un equivalente del sistema de transmisión de la división sureste de la CFE (Comisión Federal de Electricidad), los cuales son simulados en el software MATLAB utilizando la metodología planteada. Se realiza el cálculo e implementación de los filtros armónicos en los nodos necesarios, obteniendo resultados satisfactorios en base a las normas establecidas en este ámbito.

ESPAÑA

Tesis:

DISEÑO DE FILTROS PASIVOS, ACTIVOS E HÍBRIDOS PARA LA COMPENSACIÓN ARMÓNICA DE CARGAS TRIFÁSICAS NO LINEALES

Jesús R. Vázquez, J. L. Flores, Patricio Salmerón, Salvador P. Litrán

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Térmica

Escuela Politécnica Superior. Universidad de Huelva

Campus de la Rábida. 21819 Huelva (España)

Tel.:+34 959 217585, fax:+34 959 217304

e-mail: vazquez@uhu.es, juanluis.flores@uhu.es, patricio@uhu.es, salvador@uhu.es

Resumen.- En este trabajo se estudia el comportamiento de distintos compensadores de potencia de conexión paralela para la mitigación de armónicos de corriente en cargas trifásicas no lineales. Conocido el espectro armónico de la intensidad de una carga, el uso de filtros pasivos sintonizados a los armónicos de interés ofrecen una solución económica al problema planteado, aunque pueden aparecer problemas de resonancia en el sistema.

La utilización de filtros activos paralelos evita que aparezcan los problemas de los filtros pasivos, aunque en principio podría ser una solución de mayor coste. No obstante, en este último caso, es posible implementar estrategias de control más completas, pudiéndose añadir a los objetivos de compensación la corrección de potencia reactiva o el equilibrado de la carga.

Como extensión de las dos soluciones anteriores, existen configuraciones híbridas con filtros activos y pasivos como la que se propone en este trabajo, esto es, un filtro híbrido paralelo, compuesto por un filtro pasivo en serie con uno activo.

En esta configuración, se solucionan los problemas de los filtros pasivos usando un filtro activo de pequeña potencia, y por lo tanto de bajo coste. Con el objetivo de analizar los distintos tipos de acondicionadores, se ha realizado una comparativa, donde se presentan los resultados de simulación de un caso práctico, la compensación de un rectificador trifásico de potencia con una rama inductiva en el lado dc.

Nivel Nacional

ANÁLISIS DE UN CASO DE RESONANCIA A FRECUENCIA INDUSTRIAL
EN EL SISTEMA ELÉCTRICO PERUANO
Francisco Torres García

Comité de Operación Económica del Sistema (COES)

ftorres@coes.org.pe

Resumen: *En el presente artículo se describen las experiencias obtenidas en los análisis de fallas del sistema eléctrico peruano en el cual, se han identificado eventos que han evidenciado los fenómenos dinámicos y transitorios electromagnéticos. Especialmente se muestra un caso de resonancia a frecuencia industrial en el área llamado “Anillo de Tingo María” conformado por líneas de 138 kV y 220 kV, al presentarse una configuración especial con reactores y líneas muy largas operando con baja carga.*

Asimismo, se muestra el análisis realizado mediante la impedancia armónica para identificar el fenómeno.

Finalizando con acciones preventivas implementadas para evitar los efectos críticos de éste fenómeno.

Transformadores de tensión.

Los transformadores de tensión inductivos pueden formar circuitos resonantes de su inductancia con las capacitancias parásitas a través de los contactos de los interruptores de potencia, configurando un circuito serie.

Otro caso, la constituye la conexión de un transformador de tensión inductivo, con la capacitancia de acoplamiento a tierra en un sistema con neutro aislado.

Energización de grandes Transformadores.

Dependiendo de los parámetros de la red y del transformador, pueden generarse resonancias armónicas provocando tensiones muy altas con fuerte distorsión. Estos dos últimos casos, cuando se producen en la zona lineal de la característica de magnetización de los transformadores constituyen resonancias; pero debido a los elevados niveles de tensión de operación que puede ocurrir en un sistema, el fenómeno se produce en la zona no lineal de la característica de magnetización, se producirá una ferorrresonancia.

Los sistemas eléctricos de potencia son estudiados mediante modelos matemáticos que tratan de representar los fenómenos reales que ocurren en las condiciones de operación y fallas.

Sin embargo, no hay un sólo modelo con el cual se puedan estudiar toda la gama de fenómenos que ocurren en la realidad; por lo que los sistemas deben ser modelados adecuadamente dependiendo del tipo de análisis que se quiere realizar y del tiempo de duración del fenómeno en observación.

Por ejemplo, los estudios de estado estacionario como el de flujo de potencia, flujo óptimo, despacho económico, corto circuito, estabilidad permanente;

consideran los parámetros constantes de todos los componentes del sistema, tal como: líneas de transmisión, generadores, transformadores, reactores y banco de condensadores; siendo calculados sus valores, a la frecuencia nominal del sistema (60 Hz caso de Perú). Algunos estudios dinámicos de fenómenos lentos, también consideran los componentes del sistema con parámetros constantes, tal como la estabilidad transitoria, estabilidad de tensión y estabilidad de larga duración.

Los parámetros de un componente son la resistencia, inductancia y capacitancia, cuyos valores dependen el tipo de equipo, de la geometría de sus conductores, de las características de los materiales y de los fenómenos electromagnéticos a los que se encuentran sometidos. Es por ello que, para conocer el comportamiento de éstos parámetros ante la presencia de fenómenos lentos como oscilaciones de potencia y de fenómenos muy rápidos como las descargas atmosféricas; es necesario estudiar sus variaciones en función de la respuesta en frecuencia.

Por ejemplo, los parámetros de una línea de transmisión se encuentran influenciados por el efecto Skin, el efecto de la resistividad del suelo y los cables de guarda, los cuales presentan variaciones sustanciales para el comportamiento en el rango del estado estacionario (baja frecuencia), comparado con el comportamiento en estado transitorio (altas frecuencias).

Existe una propuesta metodológica para realizar la compensación de potencia reactiva y atenuación de corrientes armónicas en circuitos de distribución secundarios empleando filtros pasivos de armónicos.

Estas propuestas están basadas en las múltiples ventajas que se derivan de esta implementación, tales como:

Mejoramiento del factor de potencia en los circuitos secundarios de baja tensión y por lo tanto de todo el sistema eléctrico de distribución aguas arriba.

Reducción de pérdidas técnicas en: Redes secundarias de baja tensión, Transformadores de distribución, Redes de distribución de media tensión, Transformadores de media tensión y subestaciones de Frontera.

Fabricación

Bancos de Condensadores: Los bancos de condensadores son fabricadas empleando capacitancias monofásicas de 230V/330V. El valor de capacitancia se obtiene realizando arreglos serie-paralelo de tal manera que se cumpla con los parámetros operativos estipulados por la norma IEEE Std 18 Standard for Shunt Power Capacitors e IEEE Std 1531.

Reactores: Los reactores son fabricados en núcleo magnético con entrehierro. Son fabricados empleando chapa magnética troquelada. Se ha desarrollado un modelo preliminar de pérdidas magnéticas, el cual se ajustó empíricamente con base en los resultados de las pruebas de campo.

Nivel Local

Como se ha podido apreciar, a nivel local, Cajamarca, no se ha implementado ni probado la utilización de estos filtros, a pesar que la presencia de armónicas está definidas por el funcionamiento de equipos electrónicos que se ha venido incrementado en nuestro medio. Sin embargo ya se viene notando los efectos de los mismos.

Conclusiones del resumen

La implementación de un sistema de compensación reactiva en el lado de baja tensión de transformadores de distribución empleando filtros activos de armónicos tiene efectos positivos, por la reducción de pérdidas y mejoramiento de la calidad de la potencia de suministro.

La fabricación nacional de filtros activos de armónicos hace viable esta propuesta. Permite la implementación a un bajo costo y con el soporte técnico necesario para adaptar cada solución a las condiciones particulares de cada instalación.

El equipo y los comentarios fueron desarrollados por el Ing. Andrés Felipe Jaramillo Salazar de la ciudad de Cali (Colombia) de la empresa IGT Ingeniería Total Ltda. (igt.ingenieriatotal@gmail.com) a quién se agradece sus comentarios.

Esta propuesta desarrollada en el Perú, no ha sido implementada en su totalidad, debido a su poca difusión, solamente las empresas industriales privadas han logrado desarrollar esta propuesta que define muchas ventajas para mejorar la calidad de servicio de las empresas concesionarias de electricidad en nuestro medio en donde no existe normatividad ni exigencia de cumplimiento por parte de los organismos competentes.

1.6 MARCO TEÓRICO

1.6.1 Base teórica – científica

1.6.1.1 Filtros de armónicas

Introducción

Que Son Los Armónicos.

[4] Los armónicos son distorsiones de las ondas sinusoidales de tensión y/o corriente de los sistemas eléctricos, debido al uso de cargas con impedancia no lineal, a materiales ferromagnéticos, y en general al uso de equipos que necesiten realizar conmutaciones en su operación normal. La aparición de corrientes y/o tensiones armónicas en el sistema eléctrico crea problemas tales como, el aumento de pérdidas de potencia activa, sobretensiones en los condensadores, errores de medición, mal funcionamiento de protecciones, daño en los aislamientos, deterioro de dieléctricos, disminución de la vida útil de los equipos, entre otros.

En un sistema de potencia eléctrica, los aparatos y equipos que se conectan a él, tanto por la propia empresa como por los clientes, están diseñados para operar a 50 ó 60 ciclos, con una tensión y corriente sinusoidal. Por diferentes razones, se puede presentar un flujo eléctrico a otras frecuencias de 50 ó 60 ciclos sobre algunas partes del sistema de potencia o dentro de la instalación de un usuario. La forma de onda existente está compuesta por un número de ondas sinusoidales de diferentes frecuencias, incluyendo una referida a la frecuencia fundamental.

El término componente armónico o simplemente armónico, se refiere a cualquiera de las componentes sinusoidales mencionadas previamente, la cual es múltiplo de la fundamental. La amplitud de los armónicos es generalmente expresada en por ciento de la fundamental.

La CEI (Comisión Electrotécnica Internacional) y el CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica) han establecido normas que limitan perturbaciones de baja frecuencia en redes industriales y domésticas, como las normas IEC 61000 y EN 61000.

Los parámetros manejados por la normativa para establecer los límites de la perturbación por armónicos son:

Orden de un armónico (n): Relación entre la frecuencia del armónico (f_n) y la frecuencia fundamental (f_1).

$$n = f_n/f_1$$

Tasa de distorsión individual (%U ó %I): Relación entre el valor eficaz de la tensión o corriente armónica (U_n ó I_n) y el valor eficaz de la correspondiente componente fundamental.

$$\%U_n = 100 U_n/U_1$$

$$\%I_n = 100 I_n/I_1$$

Distorsión Armónica Total (THD%U ó THD%I): Relación entre el valor eficaz de las componentes armónicas de tensión o intensidad y el correspondiente valor fundamental.

En EEUU ya está vigente la normativa IEEE 519 que limita la cantidad de corriente armónica inyectada a la red general, y responsabiliza al cliente por la misma.

En España, el límite aceptado por UNIPEDA (Unión de productores y distribuidores de energía eléctrica) es de $THD(U) = 5\%$ para redes industriales en baja tensión, mientras que en alta tensión el nivel máximo recomendado por los organismos internacionales es de $THD(U) = 3\%$.

1.6.1.2 Las Armónicas (ensayos)

A. Interacción de Armónicas.-

La interacción entre la capacidad equivalente del banco de capacitores y la inductancia de cortocircuito de la red establecen posibles resonancias paralelo a las frecuencias:

$$f_r = f \sqrt{S_{cc}/Q_c}$$

Dónde:

$$f = 60 \text{ Hz}$$

S_{cc} =Potencia de cortocircuito del sistema en el Punto de Acoplamiento Común (PAC).

Q_c = Potencia reactiva de los bancos de capacitores en el PAC.

Considerando: $Q_c=3\text{Mvar}$ y $Q_c=6 \text{ Mvar}$, resultan los valores de frecuencias que siguen a continuación:

Compensación (MVar)	f_r (Hz.)	Armónica (orden)
3	353	7
6	250	5

Fuente: Lumbreras Manuel -2011

B. Análisis de Armónicas

El proceso de calcular la magnitud y la fase de una onda, periódica fundamental y sus armónicas en un período T se llama análisis de armónicas.

El teorema de Fourier declara que: “Toda oscilación periódica compleja $f(t)$ se puede representar en forma de una suma de oscilaciones armónicas simples con frecuencias cíclicas múltiples de la frecuencia cíclica fundamental $\omega=2\pi/T$, donde T es el periodo de las oscilaciones”, por lo tanto una función $f(t)$ es periódica, si se verifica:

$$f(t)=F(t\pm kT)$$

Para $k =0, 1, 2$ y T el periodo de la señal y además, satisface las dos condiciones de Dirichlet:

- Tener un número finito de discontinuidades, de máximos y de mínimos en un periodo T ,
- Y para cualquier t_0 , la integral $\int_{t_0}^{t_0+T} |f(t)| dt$ existe,

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega t + b_n \text{sen} n\omega t)$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos n\omega t dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \text{sen} n\omega t dt$$

Usando la descomposición de Fourier, las señales eléctricas de tensión y corriente se pueden describir como:

$$v(t) = v_0 + \sum_{k=1}^n \sqrt{2} V_k \cos(k\omega t + \theta_{vk})$$

$$i(t) = i_0 + \sum_{k=1}^n \sqrt{2} I_k \cos(k\omega t + \theta_{ik})$$

Coficiente de Fourier de acuerdo con la simetría:

Si se tiene:

- v_0 valor medio de la señal de tensión (componente d.c.)
- i_0 valor medio de la señal de corriente (componente d.c.)
- V_k valor eficaz de la componente k de la señal de tensión
- I_k valor eficaz de la componente k de la señal de corriente
- θ_{vk} ángulo de desfasaje de la k componente de tensión
- θ_{ik} ángulo de desfasaje de la k componente de corriente

Entonces, la siguiente tabla es válida:

Simetría: $f(t)$	c_n
Impar	$\frac{-j^2}{T} \int_0^{T/2} f(t) \text{sen}(n\omega_0 t) dt$
Par	$\frac{2}{T} \int_0^{T/2} f(t) \text{cos}(n\omega_0 t) dt$
Media onda	$\frac{2}{T} \int_0^{T/2} f(t) e^{-jn\omega_0 t} dt$
Par y media onda	n impar, $n = \frac{4}{T} \int_0^{T/4} f(t) \text{cos}(n\omega_0 t) dt$ n par, $n = 0$
Impar y media onda	n par, $n = 0$ n impar, $n = \frac{-j^4}{T} \int_0^{T/4} f(t) \text{sen}(n\omega_0 t) dt$

En la ecuación se puede observar que cada una de los componentes de armónicas está caracterizado por tres parámetros: frecuencia, amplitud y ángulo de fase.

Los valores eficaces de las señales son:

$$V = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}$$

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}$$

Hasta ahora los dispositivos que generan armónicas, tienen en la gran mayoría, un espectro de emisión inferior a 2500 Hz. Esa es la razón por la cual el dominio de estudio de las armónicas generalmente se extiende de 100 a 2,500 Hz.

Las armónicas son corrientes o tensiones cuya frecuencia son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental de la alimentación. Por ejemplo si la frecuencia fundamental es 60 Hz, la segunda armónica tendrá una frecuencia de 120 Hz, la tercera de 180 Hz y así sucesivamente.

1.6.1.3 Armónicas de corriente

Las armónicas son creadas por cargas no lineales que absorben corrientes en impulsos bruscos en vez de hacerlo suavemente en forma sinusoidal. Estos impulsos crean ondas de corrientes distorsionadas que originan a su vez corrientes armónicas de retorno hacia otras partes del sistema de alimentación. Este fenómeno se manifiesta especialmente en los equipos provistos de fuentes de alimentación de entrada con condensadores y diodos, tales como, ordenadores personales, UPS's y material electromédico.

Estos equipos están diseñados para absorber corrientes durante solo una fracción controlada de la onda de tensión de alimentación. Esto, provoca armónicas de la corriente de carga y con ello el sobrecalentamiento de transformadores, conductores neutros y el disparo de interruptores automáticos. Las causas eléctricas del fenómeno son que la tensión alterna de entrada, una vez rectificadas por los diodos, se utiliza para cargar un condensador de gran capacidad.

Después de un semiperiodo, el condensador se descarga a la tensión de pico de la onda sinusoidal, por ejemplo, a 308 V en una línea de alterna a 220 V (fase-neutro).

Entonces el equipo electrónico absorbe corriente de esta elevada tensión continua para alimentar el resto del circuito.

Normalmente, las fuentes de alimentación con condensadores y diodos que llevan incorporados los equipos de oficina son cargas monofásicas no lineales. Por el contrario en las plantas industriales, las causas más frecuentes de corrientes armónicas son cargas trifásicas no lineales, como motores de accionamiento controlados electrónicamente y UPS's.

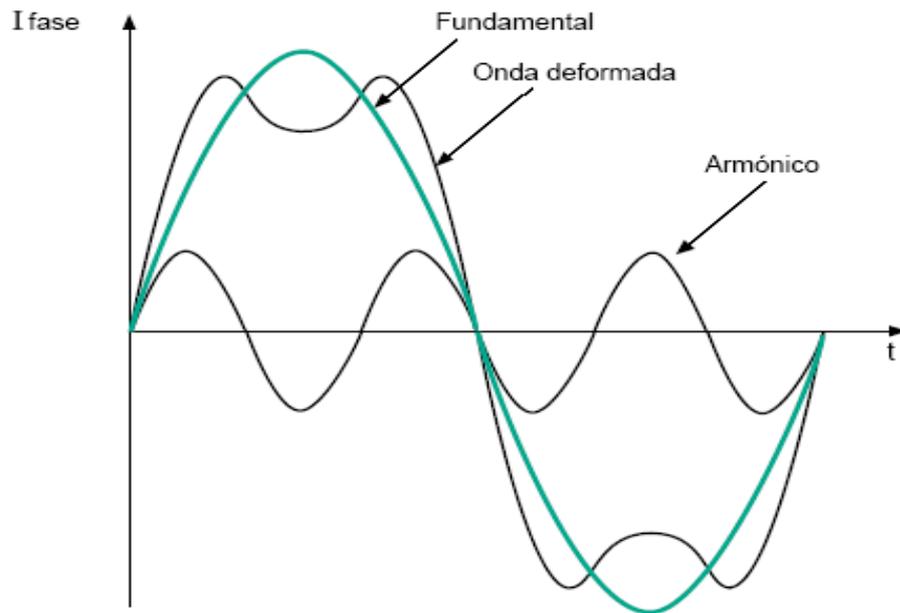


Imagen de una onda sinusoidal deformada

1.6.1.4 Armónicas de tensión

La relación entre la corriente armónica absorbida por las cargas no lineales y la impedancia de la fuente del transformador de alimentación se rige por la ley de Ohm, por lo que provoca armónicas de tensión. La impedancia de fuente la constituye el transformador de alimentación y los componentes del ramal.

La propia red de alimentación puede ser una fuente indirecta de armónicas de tensión.

Todas las cargas que comparten un transformador o un ramal con fuerte carga armónica podrían resultar afectadas por las armónicas de tensión producidas. En un ambiente de oficinas, los ordenadores personales son particularmente sensibles a las armónicas de tensión.

El rendimiento de la fuente de alimentación con condensadores y diodos depende críticamente de la magnitud de la tensión de pico. Las armónicas de tensión pueden provocar un achatamiento de los máximos de amplitud de la

onda de tensión, reduciendo de este modo la tensión de pico. En el peor de los casos se puede producir un “reset” del ordenador a causa del fallo en la alimentación.

En el entorno industrial, los motores de inducción y capacitores para la corrección del factor de potencia también pueden resultar gravemente afectados por las armónicas de tensión.

Los condensadores de corrección de factor de potencia pueden formar un circuito resonante con las partes inductivas de un sistema de distribución de corriente.

Si la frecuencia resonante esta cerca de la tensión armónica, la corriente armónica resultante podría aumentar considerablemente, sobrecargando los condensadores y quemando los fusibles de éstos. La salida de condensador por falla, desintoniza el circuito y la resonancia desaparece.

1.6.1.5 Componentes simétricos

Los circuitos trifásicos presentan ciertas peculiaridades con respecto a las armónicas superiores de tensiones y corrientes. El método de componentes simétricos es muy usado en los sistemas de potencia como herramienta de cálculo, pudiendo extenderse al caso de la respuesta frente a armónicas de corriente. Las corrientes armónicas en sistemas balanceados pueden ser de secuencia positiva, negativa o nula (homopolar) como se observa en la Tabla siguiente:

Tabla 1. Componentes simétricas

Número de armónica	Secuencia	Número de armónica	Secuencia
1	Positiva	13	Positiva
3	Cero	15	Cero
5	Negativa	17	Negativa
7	Positiva	19	Positiva

9	Cero	21	Cero
11	Negativa	23	Negativa

1.6.1.6 Distorsión armónica total (THD, Total Harmonic Distortion)

Podemos definir a la distorsión armónica total, como una medida de la similitud entre la forma de onda y su componente fundamental. También representa una medida del valor eficaz, o sea el calentamiento producido por la armónica relativa a la fundamental.

Matemáticamente es expresada por:

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \quad (\%)$$

donde:

- THD_V es la distorsión armónica total de tensión,
- V_h , es el valor eficaz del componente sinusoidal de frecuencia ($50 \cdot h$ Hz) de la onda distorsionada de la tensión,
- V_1 , es el componente fundamental de la forma de onda de tensión.

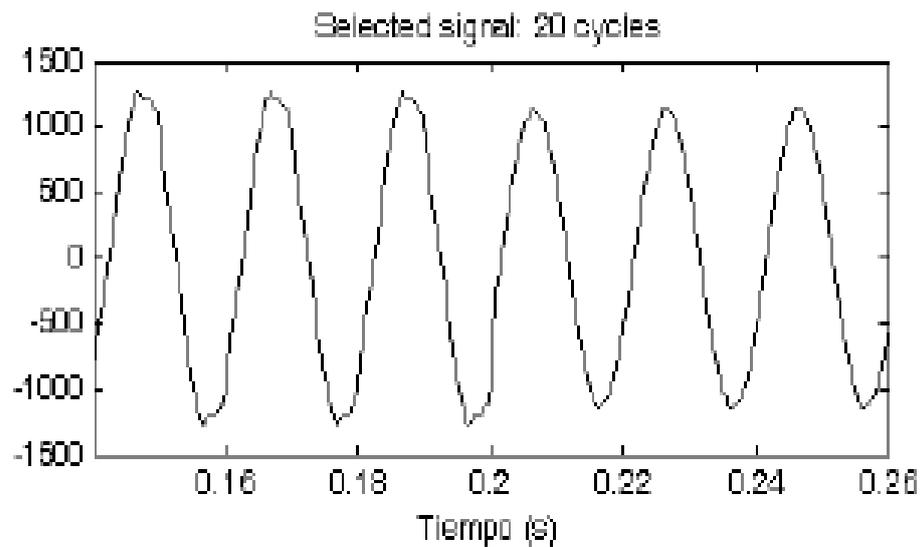
1.6.1.7 Alternativas de solución propuestas

Para éste problema existen muchas propuestas de solución que se vienen aplicando con resultados buenos pero muy costosos, porque se combinan equipos diversos. Sin embargo, mi propuesta corresponde a la aplicación de un solo equipo, bajo la siguiente alternativa:

Alternativa: Filtro Activo de Potencia

En las figuras se muestran las formas de una fase de la corriente y la tensión en 13.8 kV, en el sistema, instantes previos y posteriores a la conexión del FAPs. El FAPs es conectado en $t=0,2$ s.

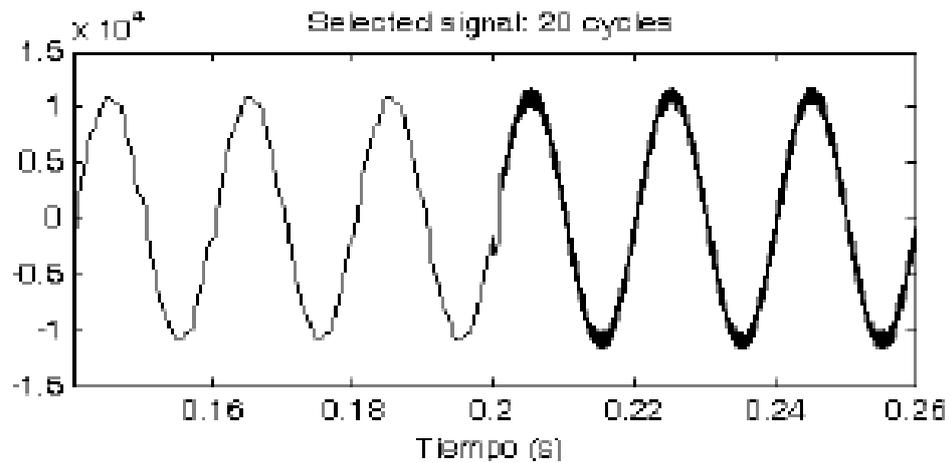
De la figura 1, se observa como las corrientes distorsionadas resultan prácticamente sinusoidales y de menor valor en el sistema, dada la compensación de armónicos y reactivo a 60 Hz, cuando el FAPS es conectado.



Fuente: Florez Mora J.M. - Armónicos

FIG. 1 Corriente en el sistema

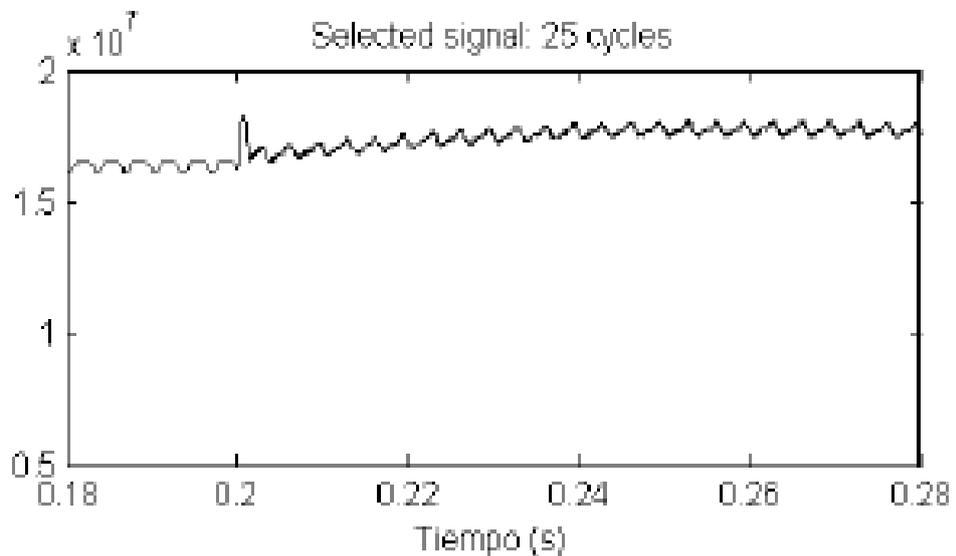
De la figura 2 se puede observar un pequeño ripple de alta frecuencia en la tensión de fase. Es difícil filtrar dicho ripple sin afectar las corrientes sin compensar, ya que las armónicas a compensar están cerca de las frecuencias de conmutación las cuales tienen un valor medio de 2kHz.



Fuente: Florez Mora J.M. - Armónicos

FIG. 2 Tension el el sistema

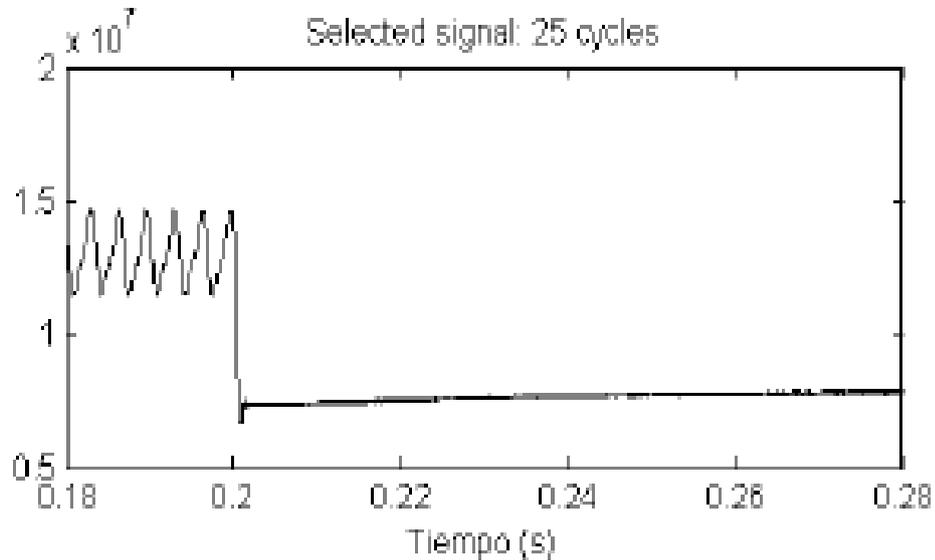
En las figuras se muestran formas de onda de la potencia activa y reactiva instantánea en el sistema. En la fig. 3 se observa un aumento de la tensión en el PAC, dada la compensación de 6 MVar de reactivo; además se observa la parte oscilante de 6^a armónica (360 Hz) debidas a las armónicas.



Fuente: Florez Mora J.M. – Armónicos

Fig. 3 Potencia activa en el sistema

En la fig.4 se observa la compensación del reactivo en 0,2 s la componente CC es reducida a 6 MVar, mientras que la componente de CA es prácticamente eliminada.



Fuente: Florez Mora J.M. - Armónicos

Fig. 4 Potencia reactiva en el sistema

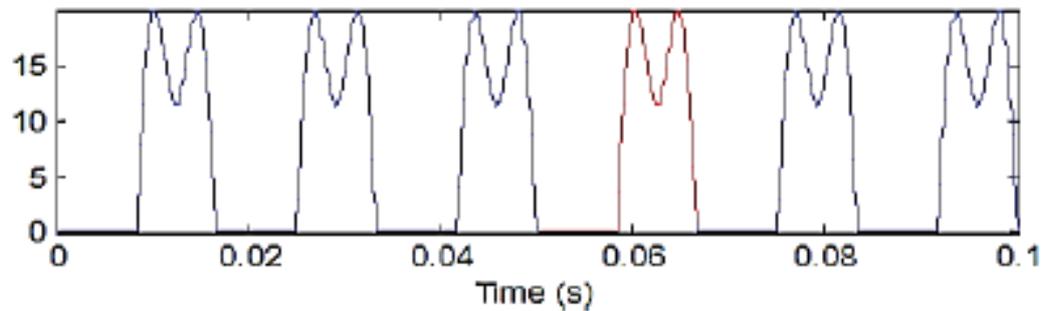
Funcionamiento del FAPs

El principio de funcionamiento de un filtro activo se basa en su estructura de inversor, la cual está conformada por elementos de conmutación que permiten el paso de las señales hacia la red y que contrarrestan a los armónicos presentes en dicha red, permitiendo que la señal de corriente sea lo más sinusoidal posible y sin distorsiones.

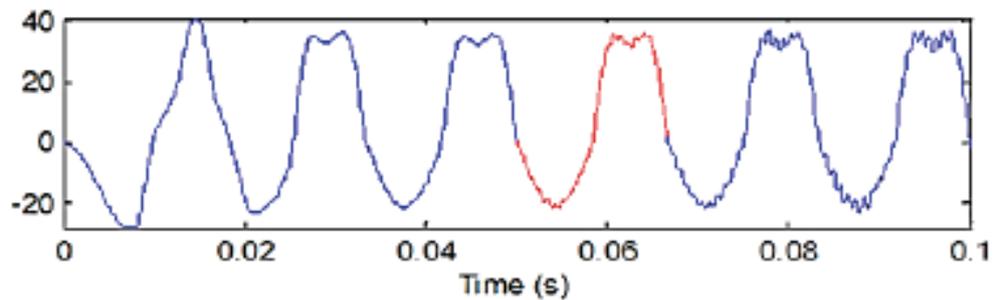
En la utilización del filtro activo de armónicas, se inyectan corrientes controladas de tal manera que se compense las armónicas producidas y la distorsión de las ondas sinusoidales de corriente en cada fase y mediante ésta inyección se determina la figura que se pudo captar en el Analizador de Redes Eléctricas, tal como se muestra en las figuras siguientes:

a) Sin Filtro y

b) Con Filtro.



(a)



(b)

Fuente: Florez Mora J.M. – Armónicos

1.7 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Armónicas de corriente.

Las armónicas son creadas por cargas no lineales que absorben corrientes en impulsos bruscos en vez de hacerlo suavemente en forma sinusoidal. Estos impulsos crean ondas de corrientes distorsionadas que originan a su vez corrientes armónicas de retorno hacia otras partes del sistema de alimentación.

Armónicas de tensión.

La relación entre la corriente armónica absorbida por las cargas no lineales y la impedancia de la fuente del transformador de alimentación se rige por la ley de Ohm, por lo que provoca armónicas de tensión. La impedancia de fuente la constituye el transformador de alimentación y los componentes del ramal.

La propia red de alimentación puede ser una fuente indirecta de armónicas de tensión.

Componentes simétricos.

Los circuitos trifásicos presentan ciertas peculiaridades con respecto a las armónicas superiores de tensiones y corrientes. El método de componentes simétricos es muy usado en los sistemas de potencia como herramienta de cálculo, pudiendo extenderse al caso de la respuesta frente a armónicas de corriente. Las corrientes armónicas en sistemas balanceados pueden ser de secuencia positiva, negativa o nula (homopolar).

Distorsión de onda en transformadores.

En el núcleo de un transformador, despreciando la histéresis, el flujo ϕ y la corriente magnetizante I_m - necesaria para producirlo - están relacionados por la curva de magnetización. La distorsión está causada, principalmente, por armónicas triples (3° , 9° , 12° , etc.), particularmente la tercera armónica.

Distorsión en máquinas rotativas.

Los motores, en general, no introducen armónicas importantes, salvo el caso de algunos motores monofásicos de potencia fraccionaria que presentan corrientes con ondas triangulares. Las pequeñas máquinas síncronas son sin embargo generadores que pueden tener una incidencia sobre el calentamiento permanente de las resistencias de puesta a tierra del neutro de los alternadores, como también afecta al buen desempeño de los relés amperimétricos de protección contra los defectos de aislamiento.

Distorsión de Horno a arco

Cuando el horno actúa en el refinado del material, la forma de onda se torna simétrica desapareciendo las armónicas pares. En la fase de fusión típicamente, las corrientes armónicas presentan amplitud de hasta 8% de la fundamental, en cuanto en el refinado, valores típicos son entorno al 2%.

Distorsión con lámparas fluorescentes.

Las lámparas fluorescentes se prenden y apagan cada medio ciclo, pero el parpadeo es apenas perceptible a 50 o 60 Hz. El encendido ocurre a veces tras el cruce del voltaje por cero. Una vez encendida, la lámpara presenta característica de resistencia negativa.

Las formas de onda de corriente son ligeramente distorsionadas, puntiagudas y presentan un segundo pico característico. La armónica dominante es el tercero, en el orden del 15% a 20% de la fundamental.

Distorsión por Convertidores estáticos trifásicos.

Los puentes rectificadores y en general los convertidores estáticos (diodos y tiristores) son generadores de corrientes armónicas. Así en un puente de Graetz, la corriente continua consumida hace aparecer una corriente no sinusoidal, que cuando la carga es muy inductiva tiene forma escalonada (figura 1.4), o que tiene unos picos cuando al puente de diodo le sigue un condensador.

Distorsión por Electrodomésticos en general.

La fuente de energía, constituida por un rectificador monofásico y un condensador, utilizada en electrodomésticos y ordenadores, debido al efecto acumulativo de estos aparatos -en ausencia de filtrado-, causan a veces, mayor distorsión que los convertidores individuales de gran potencia.

THD%U

Distorsión armónica total, en la onda de tensión. Relación entre el valor eficaz de la tensión armónica (U_n) y el valor eficaz de la correspondiente componente fundamental

THD%I

Distorsión armónica total de la onda de la corriente. Relación entre el valor eficaz de la corriente armónica (I_n) y el valor eficaz de la correspondiente componente fundamental.

El factor K

El factor K indica la capacidad de un transformador para alimentar cargas no lineales sin sobrecalentarse.

En los transformadores, reactancias, etc., las pérdidas en el hierro en caso de existir armónicas crecen muy significativamente, esto hace que deban sobredimensionarse los KVA nominales de forma notable. El factor que se suele emplear para ello es el llamado factor K de los transformadores.

MATERIALES Y MÉTODOS

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos y los métodos se realizaron como se describe a continuación, según la característica de la población estudiada.

Esta investigación se inició en agosto del 2011 con la lectura de la investigación bibliográfica de: López Santos Oswaldo. (1996) *“FILTRO ACTIVO PARALELO PARA COMPENSACIÓN DE FACTOR DE POTENCIA Y DISTORSIÓN ARMÓNICA EN APLICACIONES INDUSTRIALES”*.

2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es del tipo descriptivo y cuasi experimental.

Descriptivo, porque mediante este estudio se trata de explicar cómo la contaminación de las armónicas afectan al sistema de distribución eléctrica y como se están produciendo durante la transmisión (Banco de condensadores, utilización de artefactos de consumo doméstico no lineal y consumo industrial no lineal).

Cuasi Experimental, porque se va proponer la instalación de un FILTRO ACTIVO con la capacidad que permita la compensación de las reactivas debido a las armónicas dañinas al sistema eléctrico en el lado de media tensión (10kV, 13.2 o 22.9kV), indicando la utilización de un diseño del mismo sin llegar a la experimentación y resultados con la cual se tendría que mejorar la calidad de suministro al usuario final a la vez que se reducirá las pérdidas eléctricas en la distribución.

2.2. Método de investigación

El método de la investigación será METODOLÓGICO, dado que se indagará sobre los aspectos teóricos y aplicativos de medición, recolección de datos y análisis estadístico.

2.3. Población y muestra

Figura 1.- Detalle de usuarios del Sistema Eléctrico Cajamarca

CONCEPTO	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Mercado Regulado	396,559	411,437	440,804	469,956	508,696	538,722	577,551	618,171	662,953
Baja Tensión	395,181	409,953	439,187	468,171	506,799	536,724	575,476	615,986	660,689
Media Tensión	1,367	1,468	1,602	1,770	1,880	1,982	2,058	2,169	2,249
Alta Tensión	11	16	15	15	17	16	17	16	15
Mercado Libre	4	1	2	2	2	2	2	3	3
Media Tensión	4	0	1	1	1	1	1	2	2
Alta Tensión	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Mercado Total	396,563	411,438	440,806	469,958	508,698	538,724	577,553	618,174	662,956

Fuente: Hidrandina S.A. Histórico del mercado eléctrico.

2.3.2 **Muestra:** La muestra pertenece a la S.E.T. Cajamarca, particularmente en la sub estación de 15 MVA La Huracella, con un aproximado de 2,000 usuarios que se encuentran conectados a la subestación como usuarios del servicio eléctrico permanente.

2.4 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

2.4.1 **Variables independientes.-** Las variables independientes son aquellas variables que se modificarán positivamente, dando cumplimiento a las Normas Técnicas de Calidad para el usuario final de sistema eléctrico, así como permitirán reducir las pérdidas eléctricas a la concesionaria Hidrandina que a su vez mantendrá las instalaciones con la seguridad de no recalentar sus cables externos ni internos de los usuarios finales.

2.4.2 **Variables dependientes.**- Las variables dependientes serán la cantidad de armónicas 3, 5 y 7 que se producen en el sistema eléctrico a raíz del incremento de elementos electrónicos que inyectan cargas no lineales al sistema eléctrico de Cajamarca.

Variables		Indicadores		Instrumento
Dependiente	Reducción de las Armónicas	X1	Cantidad de armónicas grado 3,5 y 7	Reportes estadísticos emitidos por el Analizador de Redes eléctricas
Independiente	Calidad de Potencia Eléctrica	Y1	Cumplimiento de las NTC y Reducción de pérdidas eléctricas	Reportes estadísticos emitidos por HIDRANDINA, OSINERGMIN y el MEM

Fuente: Propio

2.5 HIPÓTESIS

Las soluciones propuestas para el problema indicado, se basan en la disminución de las armónicas 3, 5 y 7 a estándares establecidos por las entidades que rigen la generación y distribución de la energía eléctrica; ésta disminución se propone efectuarlo con la implementación de filtros para armónicas de los grados 3, 5 y 7 por ser las más perjudiciales para un sistema eléctrico, especialmente en las sub estaciones de Hidrandina S.A. – Cajamarca.

Hipótesis.- Compensación con filtro activo shunt.

Una de las topologías adecuadas para la compensación de las armónicas y reactivo, es el denominado Filtro Activo de Potencia Shunt, que consiste de un inversor Fuente de Tensión trifásico controlado en corriente (IFTCC), conectado a

la red a través de un inductor de acoplamiento y un transformador. El inductor de acoplamiento no se puede considerar si la inductancia de dispersión del transformador es suficiente para limitar las corrientes de ripple a niveles aceptables. Las referencias de corriente del IFTCC son generados por el sistema de control basado en la teoría de la potencia reactiva instantánea. Entonces el análisis del FAPS es dividido en dos principales secciones: el IFTCC y el bloque de control para obtener las corrientes deseadas y mantener la tensión de continua del IFTCC.

2.5.1 Características de la propuesta

En un contexto general nos podemos referir a los filtros armónicos como filtros pasivos y filtros activos. Su diferencia esencial, radica sobre si ellos proveen una acción de filtración dentro de un ancho de banda seleccionado (pasivo) o como resultado de un proceso de monitoreo en tiempo real que guía la inyección de la cancelación de corrientes armónicas en tiempo real (activo).

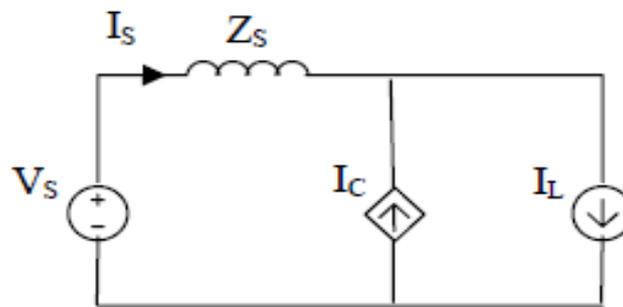
Los más sofisticados conceptos de filtración activa operan en un rango amplio de frecuencias, ajustando su operación al espectro armónico resultante. Los filtros activos son diseñados para inyectar corrientes armónicas de igual magnitud pero desfasados 180° para contrarrestar las componentes armónicas existentes. Los filtros activos comprenden configuraciones serie y paralelo de CD y CA.

Este filtro Activo de Potencia consiste en un Inversor fuente de Tensión Trifásico controlado en corriente, conectado a la red a través de un inductor de acoplamiento y un transformador; si la inductancia de dispersión del transformador es suficiente para controlar la corriente de ripple a niveles aceptables, no sería necesario el inductor de acoplamiento. Las referencias de corriente del Inversor Fuente de tensión Trifásico son generadas por el sistema de control, basado en la teoría de potencia reactiva instantánea.

Filtro Activo de Conexión Paralelo

Este filtro activo, de la figura, puede ser modelado como una fuente de corriente controlada que suministra una intensidad de compensación en paralelo con la carga. El compensador incluiría una etapa de control que calcula la referencia de la intensidad de compensación a inyectar en el sistema y una etapa de potencia, un inversor constituido por dispositivos interruptores que siguen ésa intensidad de referencia.

Circuito equivalente de un sistema compensado con un filtro activo paralelo



Fuente: Esquema propio

2.5.2 Componentes

a) Inversor Fuente de Tensión Controlado en Corriente

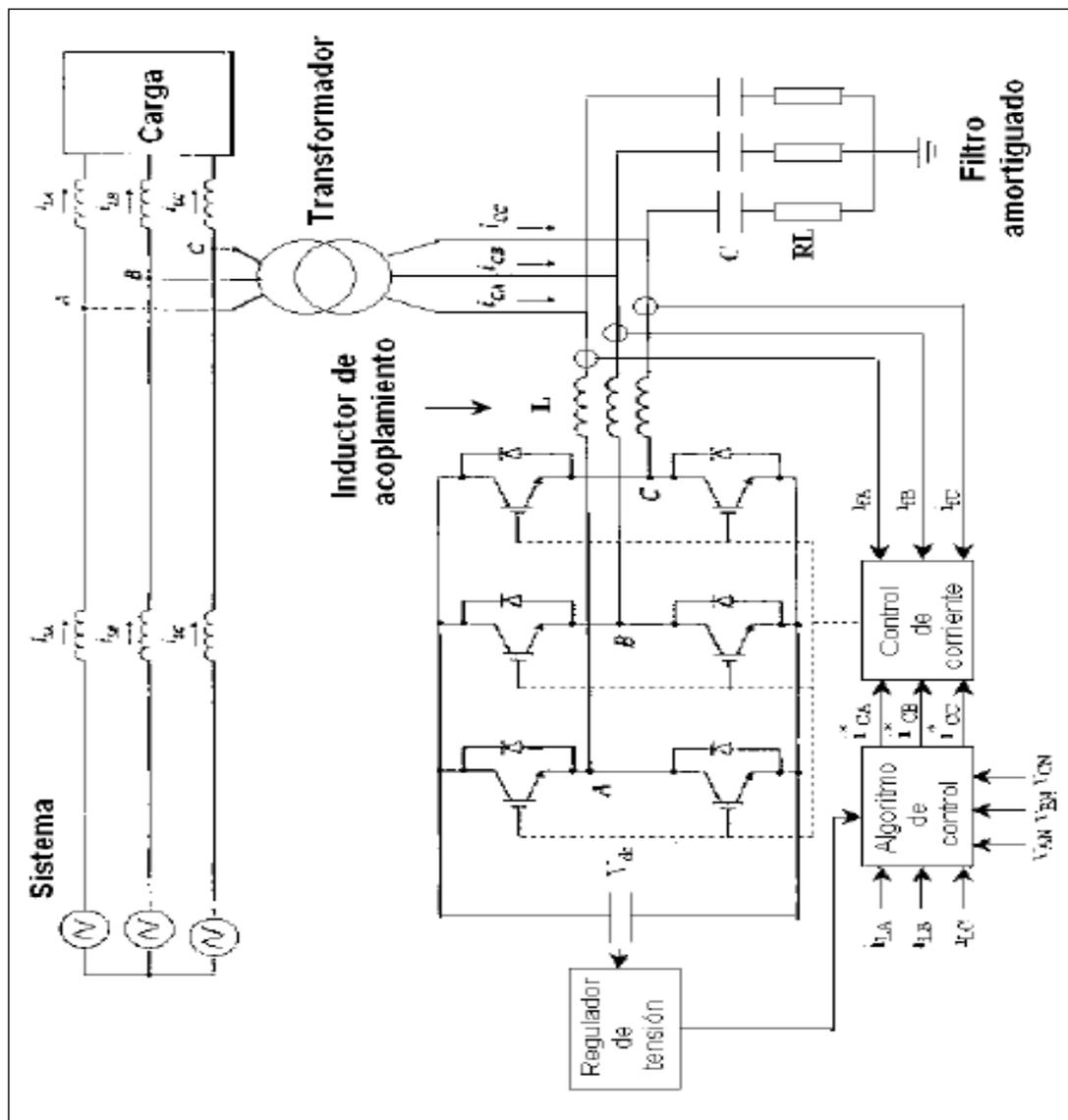
El IFTCC es un inversor fuente de tensión estándar de dos niveles con un transistor bipolar de puerta aislada [10] (IGBTs, Insulated Gate Bipolar Transistor). El lazo de corrientes es complementado con/por histéresis o banda de histéresis. La corriente de salida a través del inductor de acoplamiento es muestreada a una frecuencia fija con el fin de limitar la frecuencia de conmutación del inversor. El inversor es conectado al PAC a través de un inductor de acoplamiento. El valor de la inductancia resulta de un compromiso entre el filtrado de las altas frecuencias producidas por la conmutación del convertidor y admitir un alto di/dt sobre el inductor que permitan la compensación de las corrientes armónicas a ser atenuadas o eliminadas. Las frecuencias de conmutación son fuertemente filtradas con un filtro paralelo de

segundo orden el cual deriva las corrientes de altas frecuencias del PAC. El lado de continua del convertidor (CC) está formado solo con un capacitor con un valor apropiado. La capacidad es calculada de forma tal de mantener un bajo ripple de la tensión de CC, 1%. El valor de la tensión de CC de diseño es tal que el convertidor pueda suministrar las derivadas temporales de las corrientes demandas por las armónicas a ser compensadas. Entonces cuando más altas sean las armónicas requeridas al FAPS, más alto es el nivel de tensión necesario en el lado de CC, y más alta es la tensión de bloqueo requerida a los IGBTs de potencia y más alta es la frecuencia de conmutación necesaria para el seguimiento de las corrientes de referencia.

b) Bloque de Control de Corrientes.

La tensión de CC es controlada con un controlador proporcional el cual modifica la potencia activa de referencia en el convertidor la cual es analizada en el próximo punto. Finalmente el transformador de acoplamiento adapta los niveles de tensión de la red de potencia (10 o 22.9 kV) al nivel de tensión alterna obtenido del IFTCC con 6.5 kV del lado CC. A su vez, éste transformador provee filtrado adicional de las frecuencias de conmutación.

ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL FAPS

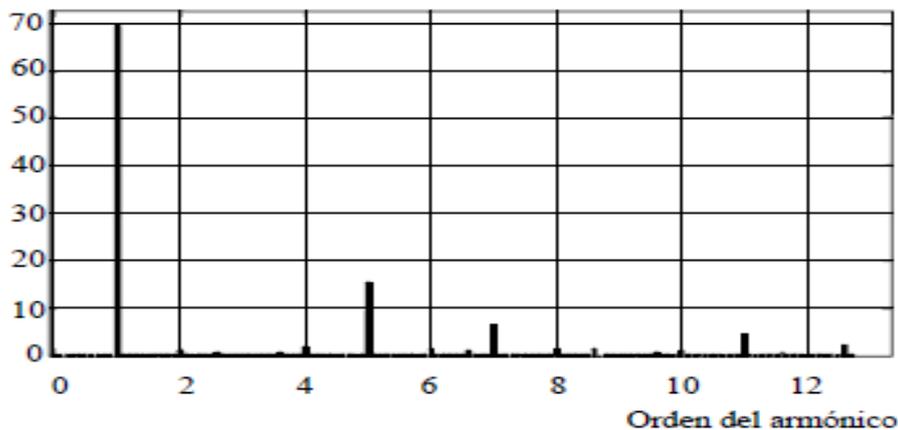


Fuente: Diagrama del texto de López Santos Oswaldo. (1996)

Pueden utilizarse distintas estrategias de compensación para el control del filtro activo. La más básica es de suministrar los armónicos de corriente de la carga.

Primera Etapa

En la carga ficticia empleada, los principales armónicos de corriente son del orden de 5° y 7° , según se muestran en el espectro armónico de corriente de la figura siguiente, por ello se utilizan dos ramas de LC sintonizados a éstos armónicos:



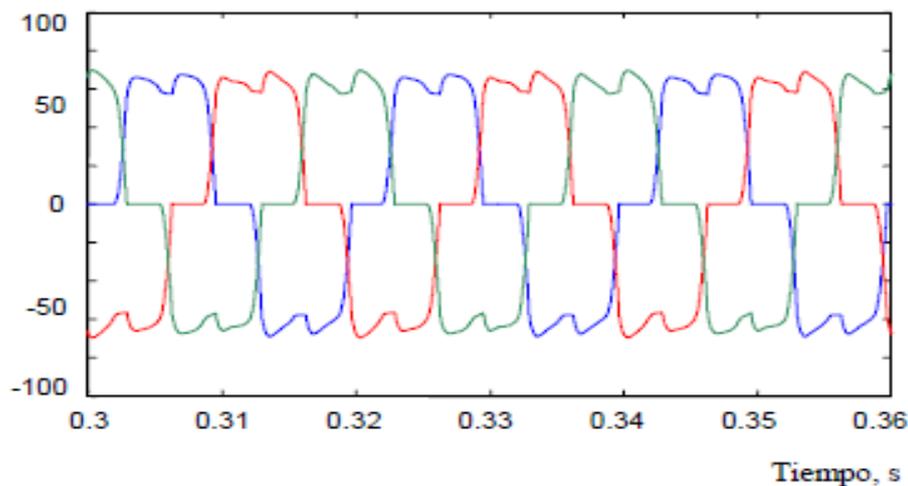
Fuente: Analizador de redes - propio

La tensión de alimentación es de 400V fase – fase y 60Hz e incluye una distorsión del 2% en los armónicos de orden 4º y 6º, para estudiar la posible aparición de resonancias en los filtros.

Los parámetros del circuito a utilizar son:

- Potencia aparente: 45 KVA
- Resistencia carga lado dc: 6 ohm
- Inductancia de carga lado dc: 0.4 mH
- Capacitancia de carga lado dc: 1 μ F
- Potencia aparente filtro: 25KVA

Antes de la compensación, sin filtro.- Las cargas son equilibradas, por eso las ondas sinusoidales son similares para cada fase (cada color es una fase).



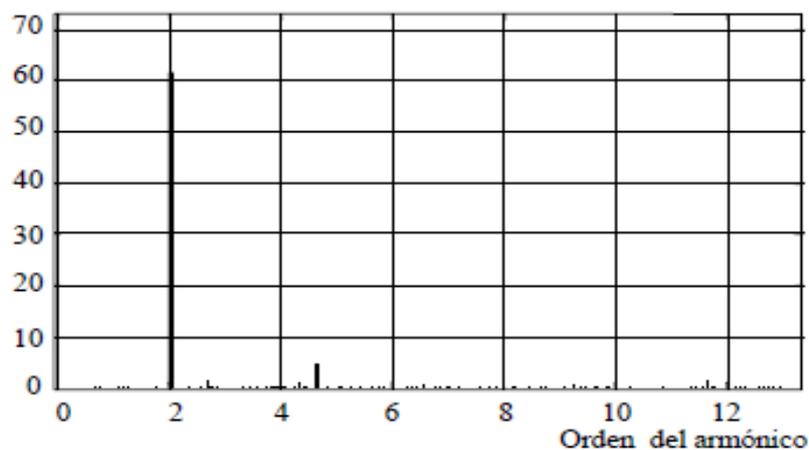
Fuente: Analizador de redes - propio

Segunda Etapa

Resultado de la compensación con un filtro activo

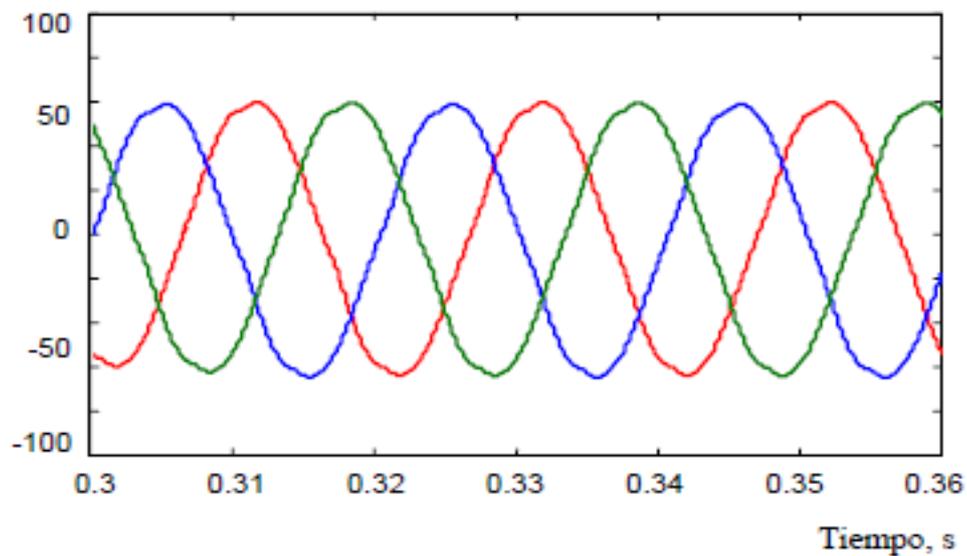
El control de la intensidad de compensación en el caso de un filtro activo paralelo, permite inyectar al sistema la corriente deseada, no pudiendo aparecer en la rama de compensación ninguna corriente no deseada, es decir, no hay en éste caso problema de resonancia.

Con el control indicado, el filtro suministra todos los armónicos de la carga, por lo que la corriente de alimentación en el sistema compensado resulta prácticamente sinusoidal. Tal como se muestra en el espectro de la siguiente figura:



Fuente: Analizador de redes - propio

Las intensidades de alimentación en el sistema compensado con un filtro activo paralelo son sinusoidales, tal como se muestra en las formas de onda de las intensidades de alimentación de las tres fases de la figura siguiente:



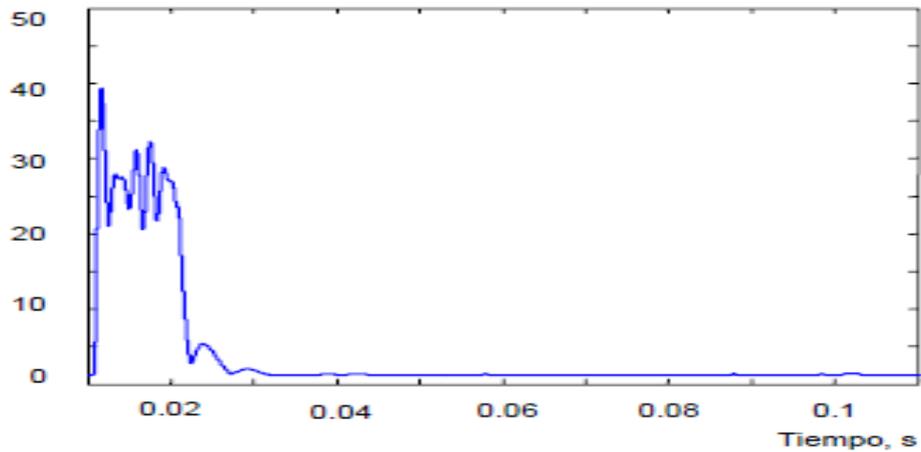
Fuente: Analizador de redes - propio

Con el filtro activo, los valores de THD se reducen sustancialmente tal como se muestran en la Tabla siguiente:

Intensidad de alimentación	THD
Antes de la compensación	25,6 %
Después de la compensación	2,3 %

Fuente: Medidas del analizador de redes

Y la respuesta dinámica de éste compensador es de dos períodos, que se muestra en la figura siguiente en la que se observa la evolución del THD de la intensidad de alimentación durante el transitorio inicial de conexión:



Fuente: Analizador de redes - propio

2.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Los métodos de evaluación serán:

- Observación
- Toma de Datos y
- Análisis de resultados

2.6.1 Técnicas utilizadas para obtener los datos de la investigación

Técnica.-

Se utilizará la técnica de toma de datos con los instrumentos adecuados, como son los Analizadores de Redes de la Empresa HIDRANDINA S.A. que se encuentran debidamente validados mediante una empresa especializada en contrastaciones.

Instrumento.-

El instrumento de recolección de datos que se utilizará para sustentar la hipótesis, estará sustentado en la observación de los equipos instalados dentro de la Subestación de Potencia, cuyo contenido numérico y gráfico nos brindará los valores de la cantidad de armónicas de grado 3, 5 y 7 que son

perjudiciales para la calidad de la potencia entregada al usuario final del servicio eléctrico en Cajamarca.

La instalación del equipo quedará instalado permanentemente durante 35 días y los datos serán tomados del registro de la memoria del equipo y procesado en la computadora.

2.6.2 **Técnicas utilizadas para el análisis de la información**

Se utilizarán métodos analíticos y teóricos, aprendidos en las aulas de la especialidad. Utilizando el paradigma cuantitativo y los métodos estadísticos que tengan que analizarse.

La investigación es de campo.

Los datos tomados para el análisis, se efectuarán con la toma de datos en los lugares de la investigación.

Modo de aplicación:

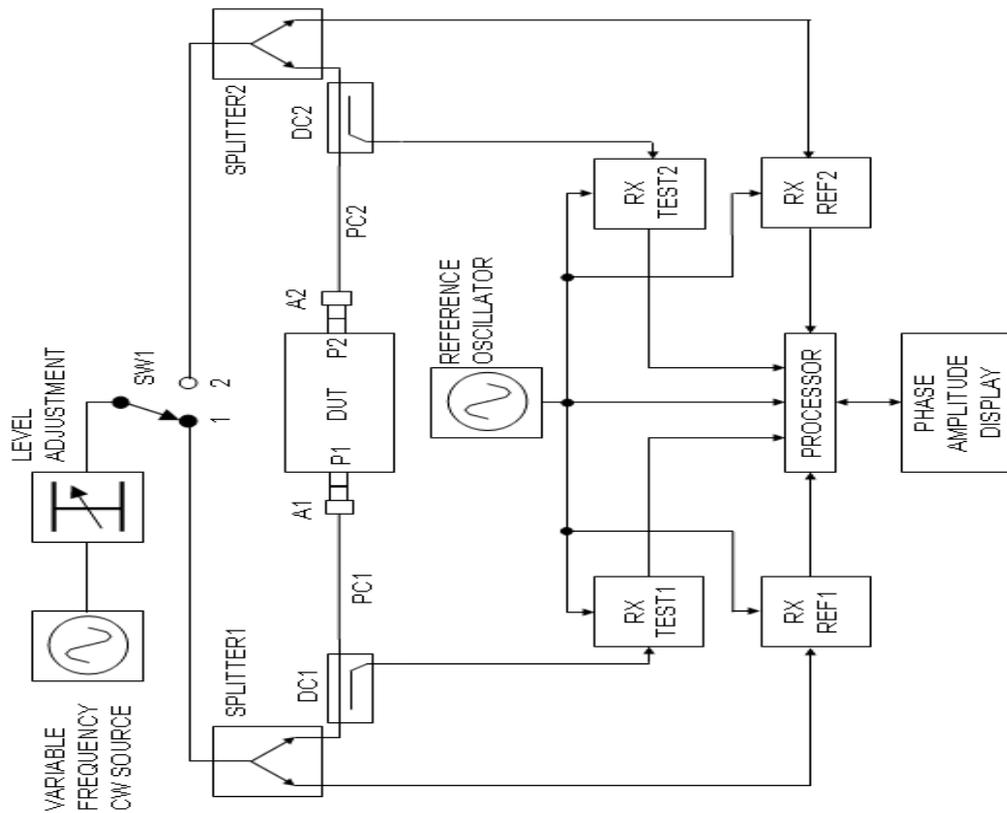
Equipo Analizador de Redes: Es una nueva categoría de analizadores de redes la MTA (Microwave Transition Analyzer), que significa analizador de transición de microondas, o LSNA (Large Signal Network Analyzer), que significa analizador de redes de señales grandes, los cuales miden amplitud y fase de las armónicas fundamentales. El MTA fue comercializado primero que el LSNA, pero en el primero estaban faltando algunas opciones para una fácil calibración que si están disponibles en la versión LSNA.

La figura siguiente es analizador de redes Marca UNIPOWER modelo UNILYZER 902, serie 25003771:



Fuente: Catálogo de Hidrandina S.A.

Esquema funcional del analizador de redes:



Fuente: catálogo de Analizador de Redes - Hidrandina

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO PARA OBTENER DATOS:

Cumple con la Norma IEC 61000-4-30, Clase A y es un instrumento de campo con certificación IP65 a prueba de polvo y agua con alta funcionalidad para éstas exigencias, tiene opciones de modem interno e interface para Ethernet. Tiene las siguientes funciones:

- Identificación automática de transductores de corrientes.
- Parámetros como V, A, VA, Var, kWh, kVArh, PF, CosPF, Hz.
- Transientes >1ms.
- Voltaje sags (dips) & swells
- Flicker.
- Armónicos: Pares, impares, interarmónicos, direccionalidad.
- Desbalance de corrientes y voltajes.
- Voltaje signaling.
- K-factor para transformadores.
- Todos los parámetros de Calidad de potencia/energía.
- Dirección para armónicos de potencia y disturbios.
- Administración de calidad de potencia

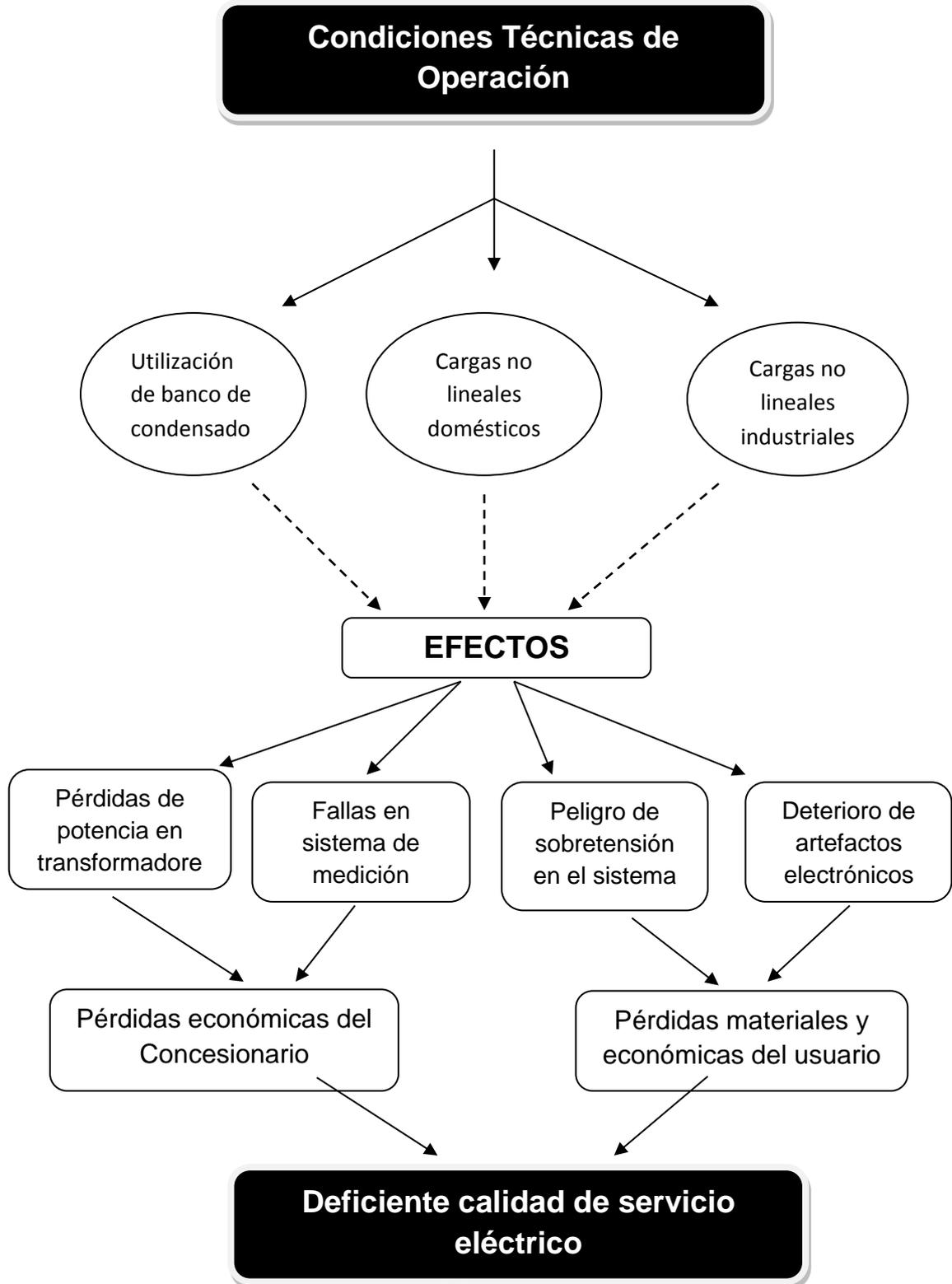
Funcionamiento.-

El equipo usa DSP (Procesador de señal digital), para medir todos los períodos sin huecos de tiempo. Para asegurar la mayor precisión posible, tiene un hardware interno PLL (Phase-Locked-Loop) siguiendo a la frecuencia fundamental, tiene 4 canales independientes que permiten capturar sags & swells, transitorios e interrupciones.

Medición en tiempo real.-

Conectado a una PC, provee acceso a un osciloscopio de ocho canales, un analizador de espectro de armónicos y gráfico de tendencia, muestra todos los parámetros medidos y eventos durante las últimas 24 horas sin necesidad de descargar los datos a la PC. El diagrama fasorial da valiosa información acerca de la relación de fases y conexionado del instrumento. Los datos obtenidos pueden ser acumulados y transmitidos a una base de datos principal SQL.

**Diagrama de flujo del proceso de contaminación debido a las armónicas
en el sistema eléctrico**



2.6.3 Descripción de Contaminación del Sistema Eléctrico mediante la generación de armónicas eléctricas.

- Condiciones Técnicas de Operación de un Sistema Eléctrico.
Para distribuir la energía eléctrica mediante una S.E. de transformación, ya sea en transmisión o distribución, se requiere necesariamente de los elementos que regulen las caídas de tensión en las redes eléctricas, tal como banco de condensadores; además que conforman los elementos que consumen denominadas cargas eléctricas lineales y no lineales. La electricidad distribuida en corriente alterna es mediante ondas sinusoidales que se deforman con la generación de armónicas, principalmente de tercer orden, producidas por las cargas no lineales y por la combinación en paralelo de una carga capacitiva e inductiva.

- Utilización de Banco de condensadores.
Usualmente se utiliza un Banco de Condensadores para regular la caída de tensión debida a una línea de transmisión bastante larga; además para compensar la excesiva potencia reactiva en el sistema eléctrico.

- Cargas no lineales domésticas.
Las cargas no lineales domésticas vienen dadas por el uso de aparatos electrónicos que poseen elementos rectificadores de media onda y onda completa, así como convertidores, fuente más grande de armónicos, que oscilan entre 1000 MW (líneas de muy alta tensión) hasta 70 w encontrados en una televisión.

- Cargas no lineales industriales.
Estas cargas se encuentran en dispositivo de arco, hornos de arco eléctrico, impedancia magnetizante de transformadores y luces fluorescentes; que producen distorsión armónica en el voltaje del sistema. Los convertidores estáticos de poder son dispositivos variadores de

velocidad para el control de motores industriales que convierten la potencia de una frecuencia a otra.

- Efectos negativos de las armónicas.

El factor de resonancia está dado por la relación de una carga inductiva y otra capacitiva que debido a la tendencia actual de utilizar un banco de condensadores para mejorar el factor de potencia o regular el voltaje, esto suma la gravedad de combinar las armónicas con la resonancia.

- Pérdidas de potencia en transformadores.

Es uno de los componentes mas afectados del sistema de potencia, por ser más sensibles a las armónicas. Las corrientes armónicas ocasionan recalentamiento y pérdida de vida útil en los sistemas de potencia, sean motores o transformadores hasta en una tercera parte a la vez que deterioran el aislamiento.

- Fallas en sistema de medición.

Las corrientes armónicas ocasionan errores de disparo de los tiristores en equipos convertidores y en instalaciones SVC, inexactitudes en las mediciones y falsos disparos o actuaciones.

- Peligro de sobretensión en el Sistema.

Debido a las armónicas los equipos con neutro a tierra, incrementan en forma no controlada la tensión de operación, donde se crean transitorios por sobretensión.

- Deterioro de artefactos electrónicos.

Los equipos electrónicos que en su mayoría está compuesto por condensadores, sufren su deterioro al recepcionar sobretensiones debidos a la distorsión de las ondas sinusoidales, que en el mejor de los casos acortan el tiempo de duración de éste elemento.

- Pérdidas económicas al Concesionario del servicio eléctrico.

Las consecuencias de la falta de tratamiento de las armónicas en el Sistema Eléctrico, contribuye a generar pérdidas económicas a las empresas eléctricas, los mismos que ven reducido el tiempo de vida de su sistema de transformación; del mismo modo las armónicas originan fallas en los sistemas de medición de energía y fallas en el sistema de control y mando.

- Pérdidas materiales y económicas del usuario del servicio eléctrico.

El deterioro de equipos electrónicos domésticos (televisores, equipos de sonido, etc.) son permanentes durante la ocurrencia de sobretensiones que deterioran los condensadores que durante el funcionamiento permanente con energía eléctrica contaminada con armónicas, llegan a reducir la vida útil. Esto trae como consecuencia pérdidas económicas en el usuario que nos reconocidas por las empresas concesionarias.

2.6.4 Técnicas utilizadas para obtener los datos de la investigación

Se utilizó la técnica de toma de datos con los equipos adecuados, como son los Analizadores de Redes de la Empresa HIDRANDINA S.A. que se encuentran debidamente validados (contrastados) mediante una empresa especializada y certificada en contrastación internacionales de éstos equipos.

2.6.4.1 Técnicas utilizadas para el análisis de la información

Se utilizó métodos analíticos y teóricos, aprendidos en las aulas de la especialidad. Utilizando el paradigma positivista con la finalidad de explicar con una metodología cuasi experimental y un análisis cuantitativo con equipos de medición especializado para datos requeridos de éste tipo.

2.6.4.2 La investigación es de campo

Los datos instrumentales tomados para el análisis, se efectuaron con la toma de datos de los equipos que se ubican en los lugares de la investigación, los mismos que estuvieron instalados por 35 días y se mantuvieron con observaciones periódicas cada 7 días.

2.6.5 Descripción de los equipos

Los instrumentos adquiridos por Hidrandina S.A., se indican en el cuadro adjunto, los mismos que han sido utilizados para la medición correspondiente en las sub estaciones y tratándose de una misma marca estoy detallando las características de técnicas del equipo:

- Analizador de Redes trifásico.
- Marca: UNIPOWER
- Modelo: UNILYZER 902 y UNILYZER 905.
- Procedencia: Suecia
- Proveedor: Unipower American S.A.C.

Los certificados de calibración de los equipos se encuentran en el Anexo A.

A continuación se muestran la relación de los equipos analizadores de redes que tiene registrado la empresa Concesionaria de Electricidad de la zona, las mismas que se encuentran calibrados por empresas certificadas internacionalmente:

EQUIPOS ANALIZADORES DE REDES DE HIDRANDINA S.A.

CODIFICACION		DESCRIPCION				FECHA DE CALIBRACION	PROXIMA CALIBRACION	ESTADO	FECHA DE INGRESO	EMPRESA QUE EJECUTÓ LA	PROCEDENCIA	CLASIFICACION	PROVEEDOR
Nº FICHA	FECHA	NOMBRE DE EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE								
GSF-014	01/10/2013	ANALIZADOR DE REDES TRIFASICO	UNPOWER	UNILYZER 902	25003771	10/07/2013	10/07/2014	CONFORME	01/05/2006	UNPOWER	SUECIA	A2	UNPOWER AMERICAN S.A.
GSF-015	01/10/2013	ANALIZADOR DE REDES TRIFASICO	UNPOWER	UNILYZER 905	25003802	18/03/2013	18/03/2014	CONFORME	01/01/2007	UNPOWER	SUECIA	A2	UNPOWER AMERICAN S.A.
GSF-016	01/10/2013	ANALIZADOR DE REDES TRIFASICO	UNPOWER	UNILYZER 905	25003829	25/03/2013	25/03/2014	CONFORME	01/01/2007	UNPOWER	SUECIA	A2	UNPOWER AMERICAN S.A.
GSF-017	01/10/2013	ANALIZADOR DE REDES TRIFASICO	UNPOWER	UNILYZER 905	25003871	29/04/2013	29/04/2014	CONFORME	01/10/2007	UNPOWER	SUECIA	A2	UNPOWER AMERICAN S.A.
GSF-018	01/10/2013	ANALIZADOR DE REDES TRIFASICO	UNPOWER	UNILYZER 905	25003881	06/03/2013	06/03/2014	CONFORME	No indica	UNPOWER	SUECIA	A2	UNPOWER AMERICAN S.A.

Fuente: Archivos de Hidrandina S.A.

2.7 Validación y confiabilidad de los instrumentos utilizados

La validación de los instrumentos de recolección de datos está sustentada en información verificable y certificada, ya que responde a lo que se pretende demostrar con la hipótesis formulada. Para ello se ha realizado un procedimiento de recolección de datos en forma planificada y se ha tenido claros objetivos sobre el nivel y profundidad de la información a recolectar.

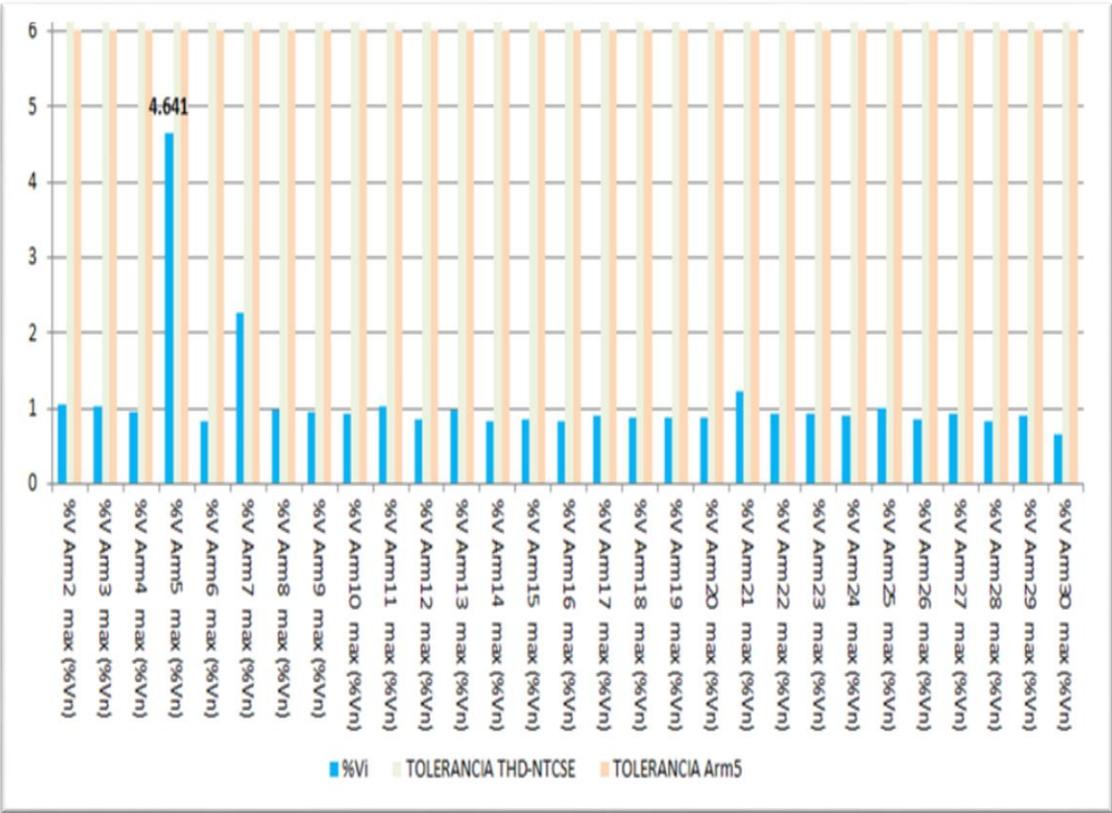
Los criterios considerados para diseñar la herramienta de recolección de información, son las fuentes primarias con observación indirecta y para otros aspectos se han utilizado fuentes secundarias (caso de toma de datos estadísticos e información de la concesionaria Hidrandina).

3. RESULTADOS

3.1. Resultados en tablas y gráficos

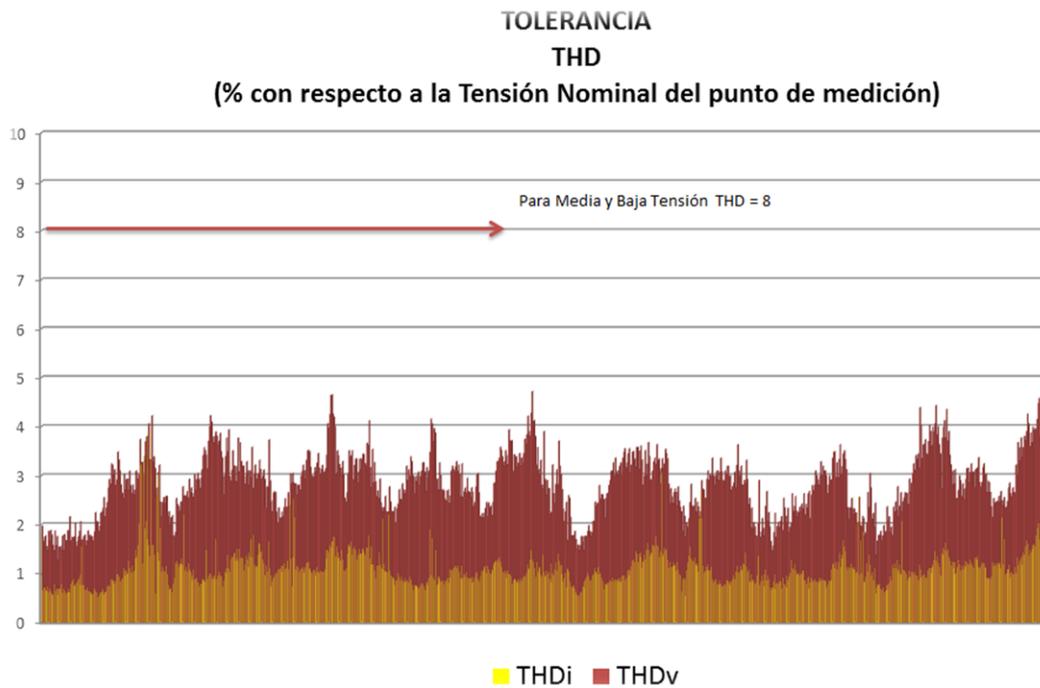
Los resultados obtenidos en la toma de datos y de las sub estaciones propuestas de Hidrandina S.A. Cajamarca, son los que se configuran en las siguientes tablas y gráficos determinados por el software del instrumento UNILYZER 902.

En la figura siguiente se aprecia la Tolerancia, % respecto a la tensión nominal V_i del punto de medición global de las 30 armónicas de tensión evaluadas:



Fuente: Propio Analizador de Redes

En el siguiente diagrama, se muestra los límites de las armónicas totales de tensión y corriente comparados con los límites permisibles según la NTCSE.



Fuente: Propio Analizador de Redes

3.2 Resultado de Mediciones con el Analizador de Redes:

Los resultados de las mediciones cada 15 minutos del sistema eléctrico del PRIMER DÍA: 06/06/2012, se muestran a continuación, teniendo en cuenta que son mediciones de armónicas de DOS tipos: Armónicas de tensión y armónicas de corriente de un mismo alimentador de la subestación de potencia. El resto de los días de las mediciones están anexados al final como parte de la sección del ANEXO A.

DIA: 06/06/2012

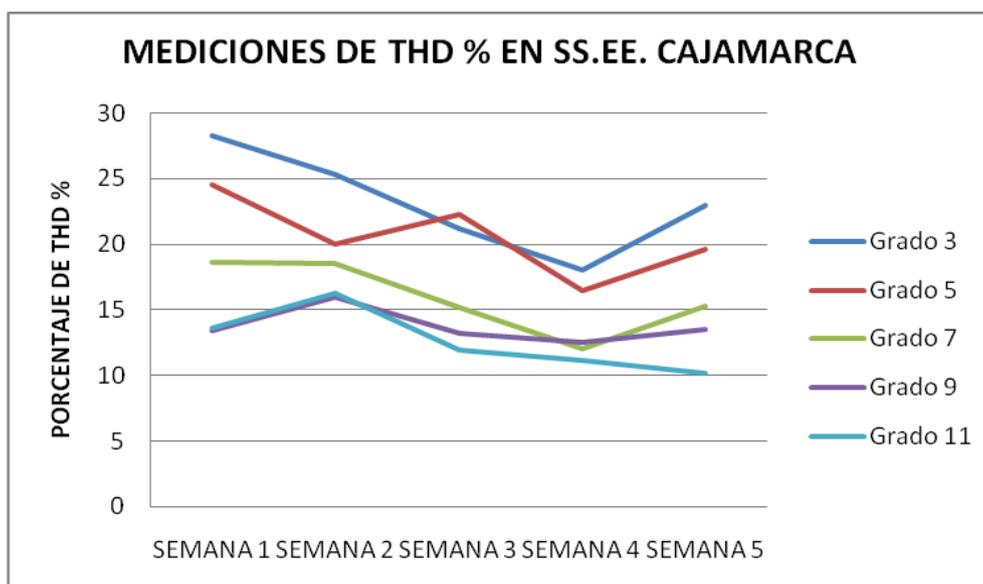
Fecha	Tiempo	%VL1 (%V THD)	%VL2 (%V THD)	%VL3 (%V THD)	%I L1 (%I THD)	%I L2 (%I THD)	%I L3 (%I THD)
06/06/2018	11:30:00	1.7	2	1.8	3.7	3.2	4
06/06/2018	11:45:00	1.7	1.6	1.5	5.8	4.5	5.8
06/06/2018	12:00:00	1.5	1.6	1.8	5	4.7	5.5
06/06/2018	12:15:00	1.4	1.8	1.6	6.1	5.5	6.4
06/06/2018	12:30:00	1.4	1.4	1.6	5.4	4.4	5.9
06/06/2018	12:45:00	1.4	1.5	1.5	5	4.3	5.6
06/06/2018	13:00:00	1.1	1.9	1.4	6.2	4.7	6.4
06/06/2018	13:15:00	1.4	1.6	1.7	5.4	4	5.8
06/06/2018	13:30:00	1.9	1.6	1.4	6.4	5.1	7.2
06/06/2018	13:45:00	1.5	1.8	1.7	6.1	4.4	6.7
06/06/2018	14:00:00	1.6	1.5	1.6	5.4	4.7	6.2
06/06/2018	14:15:00	1.2	1.4	1.5	5.2	4.5	5.9
06/06/2018	14:30:00	1.8	1.9	1.8	4.7	3.9	5.6
06/06/2018	14:45:00	1.2	1.5	1.6	5	4.2	5.7
06/06/2018	15:00:00	1.3	1.4	1.8	5.5	4.7	6.4
06/06/2018	15:15:00	1.1	1.2	1.3	5.8	5	6.1
06/06/2018	15:30:00	1.4	1.3	1.6	6.1	5.2	5.7
06/06/2018	15:45:00	1.5	1.4	1.6	5.6	4.7	5.9
06/06/2018	16:00:00	1.5	1.4	1.4	6.3	5.5	6.4
06/06/2018	16:15:00	1.8	1.7	1.4	6.8	5.9	6.6
06/06/2018	16:30:00	1.3	1.4	1.5	6.5	5.5	6.4
06/06/2018	16:45:00	1.6	1.3	1.8	8	7.3	7.9
06/06/2018	17:00:00	1.7	1.4	1.7	8.8	7.3	8.7
06/06/2018	17:15:00	1.7	1.4	1.7	9	8	9.9
06/06/2018	17:30:00	1.9	1.6	1.7	9.7	8.4	10.2
06/06/2018	17:45:00	1.9	1.4	1.9	10.5	10.3	11.5
06/06/2018	18:00:00	2.1	2	2.2	11.1	9.9	11.8
06/06/2018	18:15:00	1.7	1.2	1.5	11.9	11.4	12
06/06/2018	18:30:00	1.8	1.1	1.7	11.4	10.7	12.2
06/06/2018	18:45:00	1.8	1	1.7	11.6	10.9	12.3
06/06/2018	19:00:00	1.4	1.5	1.8	11.9	11.5	12.8
06/06/2018	19:15:00	2.1	1.6	1.6	12.8	12	13.1
06/06/2018	19:30:00	1.6	1.5	1.6	12.2	11.8	12.8
06/06/2018	19:45:00	1.6	1.6	1.7	12.5	11.3	13
06/06/2018	20:00:00	1.6	1.5	1.8	12	11.8	12.8
06/06/2018	20:15:00	1.7	1.6	1.9	12.5	12.5	12.6
06/06/2018	20:30:00	1.6	1.3	2.1	12.5	12.3	13.4
06/06/2018	20:45:00	1.6	1.6	1.7	13.3	12.8	13.9
06/06/2018	21:00:00	1.7	1.6	1.7	13.3	12.5	14
06/06/2018	21:15:00	1.7	1.6	1.8	14	13.1	14.7
06/06/2018	21:30:00	1.8	1.5	1.7	13.8	13.2	14.7
06/06/2018	21:45:00	1.6	1.3 ¹	1.3	13.9	13	14.4
06/06/2018	22:00:00	1.6	1.4	1.7	13.5	12.6	14.8
06/06/2018	22:15:00	1.6	1.5	1.9	13.6	12.5	14.6
06/06/2018	22:30:00	1.5	1.4	1.8	13.4	12.7	15.2
06/06/2018	22:45:00	1.8	1.6	1.8	13.5	12.6	14.5
06/06/2018	23:00:00	1.6	1.3	1.8	13	12.4	14.2
06/06/2018	23:15:00	1.5	1.4	1.8	10.5	9.7	11.6

CUADRO DEL PROMEDIO DE LECTURAS DEL % THD DE TENSION Y CORRIENTE EN 11 DIAS DE TOMA DE MUESTRAS Y MEDICIÓN:

FECHA MUESTRA	PROMEDIO HARMONICA DE TENSION %V THD			PROMEDIO HARMONICA DE CORRIENTE %I THD		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
06/06/2012	1.62	1.53	1.72	9.43	8.57	10.02
07/06/2012	2.39	2.69	2.78	7.23	7.03	8.43
08/06/2012	2.72	3.03	3.14	7.70	7.73	9.11
09/06/2012	2.89	3.08	3.16	7.92	8.02	8.75
10/06/2012	2.64	2.82	3.00	10.53	10.21	11.49
11/06/2012	2.55	2.74	2.84	9.30	8.96	10.14
12/06/2012	2.68	2.92	2.98	7.74	7.33	8.34
13/06/2012	2.28	2.42	2.57	8.66	8.23	9.18
14/06/2012	2.36	2.45	2.62	8.12	7.76	8.66
15/06/2012	2.75	3.17	3.15	8.60	8.58	10.07
16/06/2012	3.61	3.99	3.97	4.32	4.28	5.67

Fuente: Propio

ANALISIS GRÁFICO:



Fuente: Propio – Analizador de Redes.

4. DISCUSIÓN

El alcance de los resultados conlleva a obtener una mejor calidad de energía eléctrica en cada uno de los usuarios de Hidrandina S.A., lo mismo podría realizarse en las otras concesionarias de Servicio Eléctrico en el país, dado que las armónicas de corriente y de tensión se van a generar cada vez más al transcurrir el tiempo, ocasionando daños materiales en el sistema de potencia de la concesionaria y en los equipos industriales y domésticos del usuario.

El análisis cuantitativo realizado en el presente trabajo con toma de datos con equipos analizadores de redes eléctricas, es una muestra de lo que sucede en cada una de las sub estaciones de transformación del país debido al incremento de equipos electrónicos que se van utilizando en los hogares y con mayor proporción en las industrias, tal como hemos demostrado en el análisis del problema.

De los resultados de la toma de datos, podemos observar los siguientes parámetros:

- a. Las armónicas de grado 3 son las que más se producen en el sistema.
- b. Las que se producen como consecuencia de las cargas no lineales son las armónicas de grado 5 y 11.
- c. Las armónicas de menor grado tienen mayor incidencia en los daños que se producen en los equipos, tal es el caso de los grados 3, 5 y 7.
- d. Las tendencias de éstas armónicas son a incrementarse cuantas mayores cargas no lineales se van acoplando al sistema eléctrico.
- e. Al disminuir las armónicas de grado 3, 5 y 7 a estándares normalizados y permitidos; se disminuyen en gran porcentaje los daños a los equipos de distribución eléctrica.

Se hace notar que los filtros activos propuestos, no anulan las armónicas en su totalidad; pero la reducen a niveles permisibles establecidos por organismos internacionales tal como se ha demostrado detalladamente.

La normatividad debería plantear el uso de filtros de armónicas de grado 5° y 7° para las instituciones y empresas de gran uso de ordenadores, debido a la producción de armónicas de tensión y corriente que degeneran la onda fundamental y produce recalentamiento en los conductores y pérdidas apreciables en los transformadores; asimismo en el funcionamiento de los motores de inducción reducen grandemente su eficiencia y que algunas veces ocasionan cortocircuitos debido al envejecimiento del aislamiento. Estos cortocircuitos se degeneran en incendios de las propiedades que no tienen protecciones eléctricas adecuadas.

5. CONCLUSIONES

- Para evaluar la presencia excesiva de armónicos en los sistemas eléctricos industriales y domésticos que se encuentran en la barra del sistema eléctrico en 10 kV y 22.9 kV. Se han tomado 975 muestras en 11 días, instalando analizadores de redes, con las que se determinó que las armónicas 5 y 7 son las que más se incrementan y afectan la calidad del servicio eléctrico. Se puede apreciar en el anexo A.
- Para reducir las acciones negativas de los armónicos encontrados, consideramos que el Filtro Activo de Potencia, instalado en paralelo a la barra del sistema eléctrico, es el más recomendable ya que éste filtro genera una compensación de corrientes reactivas en cada instante que detecta todo tipo de armónicas: de la clase 3 hasta la clase 30. Permitiendo que los usuarios domésticos y pequeñas industrias se mantengan en rangos permisibles respecto a la calidad de energía requerida de la Sub estación de Potencia de 10/22.9 KV de Hidrandina S.A. Mostrado en el Diagrama Unifilar indicado en la página No. 47.
- Como se ha podido apreciar en la Norma Técnica de Calidad en los Servicios Eléctricos, el D.S. 020-1997-EM, se ha establecido los valores máximos de perturbaciones, entre ellas la presencia de armónicas en un valor de 8 unidades, en donde el Voltaje se precisa en ± 5 V en la zona urbana y urbana rural y ± 7.5 V en la zona rural así como la Frecuencia

debería tener la condición máxima de en variaciones sostenidas de $\pm 6\%$ Hz. Con el FAP las perturbaciones de las armónicas se reducen a 1 Unidad, logrando que la calidad de la energía cumpla con las Normas Peruanas y las normas internacionales como el IEEE y la IEC.

- Se propone el uso del Filtro Activo de Potencia, que está compuesto principalmente por un Inversor, éste diseño permite la generación de corrientes reactivas compensatorias que van a cubrir los vacíos de la onda fundamental que son generadas por las cargas no lineales y que a su vez van a reconfigurar la distorsión para evitar que las perturbaciones producidas por los armónicos afecten a la calidad del servicio eléctrico. Según diseño mostrado en el acápite 2.5.2.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

.Libros

[1] Cortés Leobardo. (2013) “FILTROS ACTIVOS DE CORRIENTE MONOFÁSICOS EMPLEANDO CONVERTIDORES REGULADOS EN CORRIENTE Y CONTROL EN EL DOMINIO DEL TIEMPO” México. Disponible en: http://www.cenidet.edu.mx/subaca/web-elec/tesis_me/78MC_lcb.pdf

[2] Duberley Murillo Yarce. (2012). “COMPENSACIÓN E ARMÓNICOS CON UN FILTRO ACTIVO DE POTENCIA”. Colombia Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1473/1/62138223M977.pdf>

[3] Florez Mora Juan José (20123) “ARMÓNICOS – CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO”. España. Disponible en: jjmora@silver.udg.es

[4] López Santos Oswaldo. (1996) “FILTRO ACTIVO PARALELO PARA COMPENSACIÓN DE FACTOR DE POTENCIA Y DISTORSIÓN ARMÓNICA EN APLICACIONES INDUSTRIALES”. Colombia. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2636/1/280222.2010.pdf>

[5] Rodríguez Jiménez Jorge Cerero. (2013) “PERSPECTIVA DE CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y SU IMPORTANCIA EN MÉXICO” México. Disponible en: rjimenez@ance.gob.mx

.Tesis

[6] Lumbreras Manuel. (2011) “FILTROS ACTIVOS DE POTENCIA PARA LA COMPENSACIÓN INSTANTÁNEA DE ARMÓNICOS Y ENERGÍA REACTIVA PhD Thesis”. Disponible en: http://www.euetib1.upc.es/ie3p/web_docs/docs/ROM10b.pdf

. Universidades

[7] Universidad Nacional de Asunción. (2012) “ANÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN A LA ALTA DISTORSIÓN ARMÓNICA – CASO INDUSTRIAL” Revisado el 15 agosto del 2013. Disponible en página de la universidad.

[8] Universidad Politécnica Salesiana. (2011) “DISEÑO Y MODELADO DE FILTROS” Revisado el 30 de septiembre del 2013. Disponible en página de la universidad.

[9] Cobas Pereira Manuel F. (2010). “LA CALIDAD DEL SUMINISTRO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA” Fac. Ing. Elect. ISPJAE. Disponible en: http://ccc.cubaindustria.cu/contenido/jornada%20VI/2_6.pdf

.Revistas

[10] “Transistor_IGBT” Revisado el 13 de julio del 2013. Disponible en: http://www.ecured.cu/index.php/Transistor_IGBT

.Congresos

[11] XVI CONIMERA. COES SINAC (2005) “Análisis de Resonancia. Revisado el 01 de enero del 2014. Disponible en ftorres@coes.org.pe

ANEXOS

ANEXO A

PLANILLAS DE MEDICIONES DE ARMÓNICAS DE
TENSIÓN Y CORRIENTE EN LA SUBESTACION DE
POTENCIA DIAS 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15 Y 16
DE JUNIO 2012

Fecha	Horario	%V L1 (%V THD)	%V L2 (%V THD)	%V L3 (%V THD)	%I L1 (%I THD)	%I L2 (%I THD)	%I L3 (%I THD)
06/06/2012	11:30:00	1.7	2	1.8	3.7	3.2	4
06/06/2012	11:45:00	1.7	1.6	1.5	5.8	4.5	5.8
06/06/2012	12:00:00	1.5	1.6	1.8	5	4.7	5.5
06/06/2012	12:15:00	1.4	1.8	1.6	6.1	5.5	6.4
06/06/2012	12:30:00	1.4	1.4	1.6	5.4	4.4	5.9
06/06/2012	12:45:00	1.4	1.5	1.5	5	4.3	5.6
06/06/2012	13:00:00	1.1	1.9	1.4	6.2	4.7	6.4
06/06/2012	13:15:00	1.4	1.6	1.7	5.4	4	5.8
06/06/2012	13:30:00	1.9	1.6	1.4	6.4	5.1	7.2
06/06/2012	13:45:00	1.5	1.8	1.7	6.1	4.4	6.7
06/06/2012	14:00:00	1.6	1.5	1.6	5.4	4.7	6.2
06/06/2012	14:15:00	1.2	1.4	1.5	5.2	4.5	5.9
06/06/2012	14:30:00	1.8	1.9	1.8	4.7	3.9	5.6
06/06/2012	14:45:00	1.2	1.5	1.6	5	4.2	5.7
06/06/2012	15:00:00	1.3	1.4	1.8	5.5	4.7	6.4
06/06/2012	15:15:00	1.1	1.2	1.3	5.8	5	6.1
06/06/2012	15:30:00	1.4	1.3	1.6	6.1	5.2	5.7
06/06/2012	15:45:00	1.5	1.4	1.6	5.6	4.7	5.9
06/06/2012	16:00:00	1.5	1.4	1.4	6.3	5.5	6.4
06/06/2012	16:15:00	1.8	1.7	1.4	6.8	5.9	6.6
06/06/2012	16:30:00	1.3	1.4	1.5	6.5	5.5	6.4
06/06/2012	16:45:00	1.6	1.3	1.8	8	7.3	7.9
06/06/2012	17:00:00	1.7	1.4	1.7	8.8	7.3	8.7
06/06/2012	17:15:00	1.7	1.4	1.7	9	8	9.9
06/06/2012	17:30:00	1.9	1.6	1.7	9.7	8.4	10.2
06/06/2012	17:45:00	1.9	1.4	1.9	10.5	10.3	11.5
06/06/2012	18:00:00	2.1	2	2.2	11.1	9.9	11.8
06/06/2012	18:15:00	1.7	1.2	1.5	11.9	11.4	12
06/06/2012	18:30:00	1.8	1.1	1.7	11.4	10.7	12.2
06/06/2012	18:45:00	1.8	1	1.7	11.6	10.9	12.3
06/06/2012	19:00:00	1.4	1.5	1.8	11.9	11.5	12.8
06/06/2012	19:15:00	2.1	1.6	1.6	12.8	12	13.1
06/06/2012	19:30:00	1.6	1.5	1.6	12.2	11.8	12.8
06/06/2012	19:45:00	1.6	1.6	1.7	12.5	11.3	13
06/06/2012	20:00:00	1.6	1.5	1.8	12	11.8	12.8
06/06/2012	20:15:00	1.7	1.6	1.9	12.5	12.5	12.6
06/06/2012	20:30:00	1.6	1.3	2.1	12.5	12.3	13.4
06/06/2012	20:45:00	1.6	1.6	1.7	13.3	12.8	13.9
06/06/2012	21:00:00	1.7	1.6	1.7	13.3	12.5	14
06/06/2012	21:15:00	1.7	1.6	1.8	14	13.1	14.7
06/06/2012	21:30:00	1.8	1.5	1.7	13.8	13.2	14.7
06/06/2012	21:45:00	1.6	1.3	1.3	13.9	13	14.4
06/06/2012	22:00:00	1.6	1.4	1.7	13.5	12.6	14.8
06/06/2012	22:15:00	1.6	1.5	1.9	13.6	12.5	14.6
06/06/2012	22:30:00	1.5	1.4	1.8	13.4	12.7	15.2
06/06/2012	22:45:00	1.8	1.6	1.8	13.5	12.6	14.5
06/06/2012	23:00:00	1.6	1.3	1.8	13	12.4	14.2
06/06/2012	23:15:00	1.5	1.4	1.8	10.5	9.7	11.6
06/06/2012	23:30:00	1.5	1.3	1.7	10.8	9.2	11.1
06/06/2012	23:45:00	1.5	1.4	1.9	9	7.5	10
		1.62	1.53	1.72	9.43	8.57	10.02

Fecha	Horario	%V L1 (%V THD)	%V L2 (%V THD)	%V L3 (%V THD)	%I L1 (%I THD)	%I L2 (%I THD)	%I L3 (%I THD)
07/06/2012	00:00:00	1.8	2	2.3	8.2	7.5	10.3
07/06/2012	00:15:00	1.9	1.9	2.1	7.3	7	9
07/06/2012	00:30:00	1.7	1.7	2.1	8.3	6.7	8.8
07/06/2012	00:45:00	1.5	1.7	1.9	7.8	6.2	8.4
07/06/2012	01:00:00	1.7	2	2	6.9	6	7.9
07/06/2012	01:15:00	1.9	2.1	2.3	6.9	6.4	8.2
07/06/2012	01:30:00	1.9	2.3	2.2	7.4	6.2	7.8
07/06/2012	01:45:00	2	2	2.4	6.8	5.7	7.1
07/06/2012	02:00:00	2	2.2	2.6	7.3	6.1	7.8
07/06/2012	02:15:00	1.8	2	2.2	6.2	5.4	7.4
07/06/2012	02:30:00	2.3	2.1	2.4	6.4	6.2	7.7
07/06/2012	02:45:00	2.3	2.2	2.5	7.7	6.7	8.1
07/06/2012	03:00:00	2.4	2.4	2.8	6.8	6	7.5
07/06/2012	03:15:00	2.4	2.5	3	6.8	5.4	7.5
07/06/2012	03:30:00	2.4	2.5	2.9	6.4	5.4	8.1
07/06/2012	03:45:00	2.8	2.7	3.3	5.8	5.1	7
07/06/2012	04:00:00	2.5	2.9	3.3	6.6	5.4	6.7
07/06/2012	04:15:00	2.6	2.6	3.1	6.1	5.7	6.9
07/06/2012	04:30:00	2.8	2.8	3.2	6	5	7
07/06/2012	04:45:00	2.5	2.8	2.9	6.3	5.8	7.4
07/06/2012	05:00:00	2.5	2.9	3	6.1	5.7	7.5
07/06/2012	05:15:00	3.1	3.3	3.6	6.4	5.3	8
07/06/2012	05:30:00	2.8	3.4	3.1	6.4	5	7.8
07/06/2012	05:45:00	2.5	2.8	3.2	6.6	5.3	7.8
07/06/2012	06:00:00	2.5	2.6	2.9	6.2	5.1	7.6
07/06/2012	06:15:00	2.2	2.6	2.7	6.4	4.8	6.7
07/06/2012	06:30:00	2.2	2.5	2.6	7.2	5.1	6.9
07/06/2012	06:45:00	2.8	3.1	3.1	5.2	4.5	6.5
07/06/2012	07:00:00	2.2	2.6	2.8	6.6	4.9	6.3
07/06/2012	07:15:00	2.4	3	2.5	5.8	4.6	6.2
07/06/2012	07:30:00	2.5	2.7	3	6.7	5.7	7
07/06/2012	07:45:00	2.1	2.5	2.8	6.1	4.8	6.7
07/06/2012	08:00:00	2.8	3.1	3.2	4.1	3.9	5.2
07/06/2012	08:15:00	2.3	2.8	2.9	4.5	3.6	5.6
07/06/2012	08:30:00	2.3	2.6	2.7	4.2	3.7	5.2
07/06/2012	08:45:00	2.4	2.8	2.9	3.5	2.7	4.8
07/06/2012	09:00:00	2.2	2.7	2.6	4	3.4	5.3
07/06/2012	09:15:00	2.2	2.8	2.8	3.9	3.4	5
07/06/2012	09:30:00	2.7	3.1	3.2	2.6	2.9	4.2
07/06/2012	09:45:00	2.6	3.1	2.9	2.5	3	4.2
07/06/2012	10:00:00	2.5	3	3	2.2	3	3.5
07/06/2012	10:15:00	2.7	2.8	3.1	1.9	2.2	2.7
07/06/2012	10:30:00	3.5	3.9	3.9	3.2	3.8	4.2
07/06/2012	10:45:00	3	3.4	3.3	2.1	2.8	3
07/06/2012	11:00:00	3	3.4	3.2	3.7	3	3.8
07/06/2012	11:15:00	2.5	3.1	2.9	1.7	2.7	2.6
07/06/2012	11:30:00	2.9	3.4	3.4	2.3	3.2	3.5
07/06/2012	11:45:00	3.2	3.8	3.7	2.2	2.8	3.2
07/06/2012	12:00:00	3.5	3.9	3.8	2.9	3.2	3.4
07/06/2012	12:15:00	2.9	3.3	3.2	2.7	2.6	3.4
07/06/2012	12:30:00	3.6	4.2	3.7	4.1	5	5.2
07/06/2012	12:45:00	2.7	3.4	2.9	2.9	3.2	4
07/06/2012	13:00:00	2.6	3.1	3	2.5	3	3.6
07/06/2012	13:15:00	3.6	4.4	4.1	4.4	5.2	5.7
07/06/2012	13:30:00	2.6	3.2	3.4	3.6	3.9	4.6
07/06/2012	13:45:00	2.9	3.3	3.5	3.8	3.9	5.2
07/06/2012	14:00:00	2.4	3.2	3	4.3	4.5	5.6
07/06/2012	14:15:00	1.9	2.4	2.6	3.5	3.5	4.9
07/06/2012	14:30:00	2.1	2.8	2.8	5	5.2	6.1
07/06/2012	14:45:00	2.8	3.1	3.1	4.7	5.1	5.9
07/06/2012	15:00:00	2.7	3.3	3.1	5.3	5.1	5.9
07/06/2012	15:15:00	2.1	2.5	2.5	4.6	4.6	5.7
07/06/2012	15:30:00	2	2.2	2.1	3.5	3.9	5.1
07/06/2012	15:45:00	1.7	2.5	2.3	4.5	4.6	6
07/06/2012	16:00:00	2.3	2.6	2.6	5	5.4	6.5
07/06/2012	16:15:00	2.1	2.4	2.5	4.9	5.1	5.6
07/06/2012	16:30:00	2.5	2.3	2.6	5.6	5.3	6.7
07/06/2012	16:45:00	2.6	2.2	2.2	4.5	4.3	5.8
07/06/2012	17:00:00	2	2.2	2.2	4.1	4.2	4.8
07/06/2012	17:15:00	1.6	2.2	2.3	6	6.2	7.8
07/06/2012	17:30:00	1.6	2	2	6.2	6.6	7.9
07/06/2012	17:45:00	1.8	1.9	2.2	7.3	7.8	10
07/06/2012	18:00:00	1.5	1.7	2.2	8.9	8.5	10.5
07/06/2012	18:15:00	1.5	1.6	1.8	9.6	9.2	10.9
07/06/2012	18:30:00	1.5	1.6	1.8	10.3	10.1	11.5
07/06/2012	18:45:00	1.8	1.8	1.9	11.4	11.8	12.8
07/06/2012	19:00:00	1.9	2.6	2.1	12.3	12.4	13.2
07/06/2012	19:15:00	2.4	2.4	2.5	12.6	13.3	13.8
07/06/2012	19:30:00	2.2	2.3	2.4	13.4	13.5	14.3
07/06/2012	19:45:00	2.3	2.3	2.3	13.9	13.9	14.7
07/06/2012	20:00:00	2.4	2.3	2.5	14.2	14.2	15.2
07/06/2012	20:15:00	2.3	2.4	2.5	13.8	14.2	14.6
07/06/2012	20:30:00	2.3	2.6	2.8	14.8	15.2	16.1
07/06/2012	20:45:00	2.3	2.5	2.6	15.4	15.4	16.5
07/06/2012	21:00:00	2.4	2.6	2.6	15.2	16.2	16.4
07/06/2012	21:15:00	2.2	2.6	2.5	15.3	15.6	16.7
07/06/2012	21:30:00	2.2	2.7	2.5	14.7	15.2	16.5
07/06/2012	21:45:00	2.3	2.4	2.6	15.1	15.1	16.8
07/06/2012	22:00:00	2.5	2.7	3	15.7	16.1	18.1
07/06/2012	22:15:00	2.2	2.5	2.7	14.9	15.3	16.8
07/06/2012	22:30:00	2.4	2.8	2.8	14.9	15.7	17.9
07/06/2012	22:45:00	2.4	2.6	2.7	15.1	15.5	17.5
07/06/2012	23:00:00	2.1	2.3	2.6	14.5	15.4	16.8
07/06/2012	23:15:00	2.4	2.5	3.1	11.4	11.3	13.3
07/06/2012	23:30:00	2.3	2.7	2.8	10.7	11.6	13.4
07/06/2012	23:45:00	2.6	2.8	3	10.8	11.1	13.8
		2.39	2.69	2.78	7.23	7.03	8.43

Fecha	Horario	%V L1 (%V THD)	%V L2 (%V THD)	%V L3 (%V THD)	%I L1 (%I THD)	%I L2 (%I THD)	%I L3 (%I THD)
08/06/2012	00:00:00	2.8	2.9	3.1	10.5	9.7	12
08/06/2012	00:15:00	2.9	2.8	3	9.7	8.7	10.9
08/06/2012	00:30:00	2.2	2.7	2.8	8.5	8.3	10.5
08/06/2012	00:45:00	2.3	2.8	3	8.6	8.3	10.3
08/06/2012	01:00:00	2.5	2.9	3.2	8.8	8.6	11.8
08/06/2012	01:15:00	2.8	3.3	3.5	9.1	9.5	11.6
08/06/2012	01:30:00	3	3.4	3.7	9.5	9.3	11.8
08/06/2012	01:45:00	3.2	3.5	3.6	9.5	9.5	11.5
08/06/2012	02:00:00	2.9	3.3	3.5	9.3	8.8	11.5
08/06/2012	02:15:00	2.8	3	3.2	8.6	8.3	10.4
08/06/2012	02:30:00	3.1	3.6	3.8	9.7	9	10.8
08/06/2012	02:45:00	3.7	4	4.1	10.1	10.1	12.6
08/06/2012	03:00:00	3.9	3.5	4.3	9.2	8.1	10
08/06/2012	03:15:00	4.1	4	4.2	8.4	8.6	9.9
08/06/2012	03:30:00	3.6	3.6	3.8	8.4	8.2	9.3
08/06/2012	03:45:00	3.6	3.7	3.9	7.8	7.4	9.1
08/06/2012	04:00:00	3.4	3.8	3.7	7.5	8.3	9.9
08/06/2012	04:15:00	3.5	3.9	4	7.6	7.5	9.3
08/06/2012	04:30:00	3.5	3.6	3.9	8.3	7.9	9.6
08/06/2012	04:45:00	3.5	3.4	3.7	8.3	7.4	9.4
08/06/2012	05:00:00	3.4	3.4	3.8	7.8	7.5	9.2
08/06/2012	05:15:00	3.5	3.9	4	8.8	8	9.7
08/06/2012	05:30:00	3.6	3.6	3.6	7.7	7.6	8.8
08/06/2012	05:45:00	3.4	3.2	3.5	7.3	6.9	8.6
08/06/2012	06:00:00	2.5	2.1	2.7	8.2	6.8	7.9
08/06/2012	06:15:00	2.7	3.1	2.9	8.1	7.3	8
08/06/2012	06:30:00	3.5	3.2	3.5	7.4	6.8	7.8
08/06/2012	06:45:00	3.6	3.5	3.9	6.7	5.7	6.9
08/06/2012	07:00:00	3.3	3.6	3.6	6.5	5.2	6.8
08/06/2012	07:15:00	3.8	3.8	4.1	3.7	3.5	5.3
08/06/2012	07:30:00	2.7	2.9	3	3.9	4	4.6
08/06/2012	07:45:00	2.7	2.9	3	3.5	3	4.2
08/06/2012	08:00:00	2.7	3.2	3.1	2.7	3.6	4.3
08/06/2012	08:15:00	2.7	3.6	3.5	3.5	4.8	5.8
08/06/2012	08:30:00	2.7	3.3	3	2.6	3.9	4.9
08/06/2012	08:45:00	2.8	3.2	3.3	3.3	3.7	4.7
08/06/2012	09:00:00	2.5	2.9	3	2.6	2.8	4.4
08/06/2012	09:15:00	2.8	3.2	3.3	3.9	3.9	6.1
08/06/2012	09:30:00	3	3.5	3.9	4	4.9	6.1
08/06/2012	09:45:00	2.8	3.2	3.1	3	3.6	4.7
08/06/2012	10:00:00	3.2	3.8	3.8	4.7	4.9	6.2
08/06/2012	10:15:00	2.9	3.1	3.4	3.4	3.7	5.6
08/06/2012	10:30:00	2.7	3.2	3.3	3.8	4.5	5.4
08/06/2012	10:45:00	2.8	3	3.3	3.3	3.5	5
08/06/2012	11:00:00	2.3	2.9	2.7	3.4	3.8	4.8
08/06/2012	11:15:00	2.2	3.1	2.8	3.7	4.2	5.3
08/06/2012	11:30:00	2.7	3.2	3.4	4.6	4.7	6
08/06/2012	11:45:00	2.5	3	3.2	4.1	4.3	5.6
08/06/2012	12:00:00	2.3	2.9	2.9	4	4.2	5.3
08/06/2012	12:15:00	2.3	3.1	3.2	3.4	4	5.5
08/06/2012	12:30:00	2.5	3	3	4.2	4.5	5.6
08/06/2012	12:45:00	3.4	3.5	3.7	5.3	5	6.6
08/06/2012	13:00:00	2.2	2.7	2.8	2.7	3.2	4
08/06/2012	13:15:00	2.3	3.1	2.9	4.2	4.5	5.5
08/06/2012	13:30:00	2.6	3.3	3.2	5	5.4	6.6
08/06/2012	13:45:00	3	2.9	2.5	4.9	4.8	7
08/06/2012	14:00:00	2.4	2.9	3.1	4.7	5	6.3
08/06/2012	14:15:00	2.4	3	3.1	4.2	4.6	5.5
08/06/2012	14:30:00	2.5	3.3	3.4	4	5	5.8
08/06/2012	14:45:00	2.8	3.1	3.2	3.8	4.1	5.3
08/06/2012	15:00:00	2.4	3	2.9	3.7	4.5	5.2
08/06/2012	15:15:00	2.2	3.1	3.1	4	4.7	5.7
08/06/2012	15:30:00	2.4	3	3.2	5.4	5.9	7.3
08/06/2012	15:45:00	2.4	2.8	3	5.3	5.5	7.3
08/06/2012	16:00:00	2.2	2.4	2.3	4.7	4.6	6.1
08/06/2012	16:15:00	2.2	2.8	2.8	4.6	5.3	7.1
08/06/2012	16:30:00	2.4	2.7	2.8	5.3	5.6	7
08/06/2012	16:45:00	2.6	2.7	3.8	5	4.6	6.5
08/06/2012	17:00:00	2.3	2.7	2.9	6.1	5.7	7.4
08/06/2012	17:15:00	2	2.5	2.5	6.4	6.4	7.5
08/06/2012	17:30:00	1.8	2.2	2.3	7.9	7.9	9.6
08/06/2012	17:45:00	1.9	2.4	2.7	9.1	9.4	11.8
08/06/2012	18:00:00	2.3	2.5	2.7	10.5	10.1	11.4
08/06/2012	18:15:00	2.3	2.5	2.7	11.8	11.8	12.8
08/06/2012	18:30:00	2.2	2.2	2.3	12.1	12	13.4
08/06/2012	18:45:00	1.9	2	2.1	12.1	12	12.8
08/06/2012	19:00:00	1.8	2.4	2.2	12.5	13	13.6
08/06/2012	19:15:00	2	2.1	2.2	13.2	12.6	14.3
08/06/2012	19:30:00	2.2	2.2	2.2	13.2	13.2	13.6
08/06/2012	19:45:00	2.2	2.3	2.3	13.2	13.2	13.9
08/06/2012	20:00:00	1.9	2.2	2.1	13.3	13.5	14.4
08/06/2012	20:15:00	2	2.3	2.4	13.6	14.1	14.7
08/06/2012	20:30:00	2.3	2.4	2.6	14.2	14.8	15.2
08/06/2012	20:45:00	2.1	2.4	2.2	13.5	14.5	15
08/06/2012	21:00:00	2.2	2.4	2.4	15	15.2	15.8
08/06/2012	21:15:00	2.3	2.6	2.7	14.6	14.5	14.8
08/06/2012	21:30:00	2.4	2.4	2.4	14.3	14.3	15.9
08/06/2012	21:45:00	2.8	3.1	3	12.9	13.2	14.2
08/06/2012	22:00:00	2.5	2.8	2.9	12.9	12.9	14.2
08/06/2012	22:15:00	2.7	3	3.1	12.4	12.1	13.3
08/06/2012	22:30:00	2.5	2.7	2.9	12.2	11.4	13.3
08/06/2012	22:45:00	2.6	2.9	2.9	11.4	11.5	12.2
08/06/2012	23:00:00	2.6	2.7	2.9	11.2	11.5	12.4
08/06/2012	23:15:00	2.7	2.5	2.7	10.7	10.6	11.3
08/06/2012	23:30:00	2.5	2.8	2.9	10.3	10.2	11.2
08/06/2012	23:45:00	2.7	2.7	2.9	9	8.9	9.5
		2.72	3.03	3.14	7.70	7.73	9.11

Fecha	Horario	%V L1 (%V THD)	%V L2 (%V THD)	%V L3 (%V THD)	%I L1 (%I THD)	%I L2 (%I THD)	%I L3 (%I THD)
09/06/2012	00:00:00	2.6	2.6	2.8	9.1	8.5	9.4
09/06/2012	00:15:00	2.9	3	3.1	9.3	9	9.4
09/06/2012	00:30:00	2.8	3.1	3.2	8.9	8.3	9.4
09/06/2012	00:45:00	3.3	3.3	3.3	9.1	8.7	9.5
09/06/2012	01:00:00	3.1	3	3.2	9.1	8.7	9.3
09/06/2012	01:15:00	2.8	2.8	3	8.3	7.9	8.7
09/06/2012	01:30:00	3.1	3.2	3.4	8.7	8.4	9.2
09/06/2012	01:45:00	3.1	3.2	3.6	8.4	8.4	8.8
09/06/2012	02:00:00	3.3	3.2	3.6	8.5	7.9	8.3
09/06/2012	02:15:00	3.4	3.3	3.6	9.2	8.5	8.4
09/06/2012	02:30:00	3.2	3.2	3.3	8.9	8.5	9.1
09/06/2012	02:45:00	3.1	3	3.1	8.6	8.8	8.8
09/06/2012	03:00:00	2.9	2.8	3.1	8.8	8.3	8.4
09/06/2012	03:15:00	3	3.1	3.1	8.6	8.4	8.4
09/06/2012	03:30:00	3.3	3.3	3.3	8.7	8.3	8.9
09/06/2012	03:45:00	3.2	3.1	3.2	8.9	8.3	9.2
09/06/2012	04:00:00	3.3	3.4	3.4	9	8.6	9.5
09/06/2012	04:15:00	3.3	3.6	3.6	8.9	8.8	9.1
09/06/2012	04:30:00	3.2	2.9	3.3	9.1	8.6	9.1
09/06/2012	04:45:00	3.2	3.1	3.1	9.2	8.7	8.7
09/06/2012	05:00:00	3.3	3.1	3.2	9.5	9.9	9.8
09/06/2012	05:15:00	3.4	3.2	3.3	10.3	9.8	10.3
09/06/2012	05:30:00	3.2	3.2	3.2	9.6	9	9.6
09/06/2012	05:45:00	2.8	2.9	3.2	8.9	8.7	9.2
09/06/2012	06:00:00	3.1	2.9	3.3	9.4	8.5	9.6
09/06/2012	06:15:00	3.5	3.5	3.6	9	8.4	8.8
09/06/2012	06:30:00	3.8	4.1	4.2	3.9	3.6	4.6
09/06/2012	06:45:00	3.5	3.9	4.1	3.3	2.9	3.9
09/06/2012	07:00:00	3.9	4.2	4.4	3	3.9	4.2
09/06/2012	07:15:00	4.3	4.4	4.8	3.3	4	4.9
09/06/2012	07:30:00	4.1	4.5	4.8	3.3	4.1	5.2
09/06/2012	07:45:00	3.8	4.4	4.1	2.8	4.2	4.2
09/06/2012	08:00:00	4	4.3	4.1	2.6	3.3	3.7
09/06/2012	08:15:00	3.8	4.1	4.1	2.8	3.2	3.2
09/06/2012	08:30:00	3	3.1	3.1	3	2.8	3.5
09/06/2012	08:45:00	3.1	3.6	3.3	2.9	2.9	3.6
09/06/2012	09:00:00	3.1	3.5	3.2	3.1	3.6	4.2
09/06/2012	09:15:00	3.1	3.3	3.2	3.5	3.5	4.8
09/06/2012	09:30:00	2.7	2.9	3.2	3.2	3.6	4.6
09/06/2012	09:45:00	2.9	3.1	2.9	3	4	3.9
09/06/2012	10:00:00	3	3.3	3.4	3.1	3.8	4.3
09/06/2012	10:15:00	2.9	3.1	3	2.9	3	3.5
09/06/2012	10:30:00	2.4	2.6	2.5	2.6	2.9	3.3
09/06/2012	10:45:00	2.3	2.5	2.5	2.6	2.6	3.2
09/06/2012	11:00:00	2.3	2.7	2.5	2.9	3.4	3.6
09/06/2012	11:15:00	3.2	3.1	3.2	5.2	5.3	5.9
09/06/2012	11:30:00	3	3.6	3.5	4	4.8	5.2
09/06/2012	11:45:00	3.2	3.4	3.5	4.4	4.6	5.4
09/06/2012	12:00:00	3.3	3.4	3.5	4.7	5.1	5.5
09/06/2012	12:15:00	3	3.6	3.5	5.5	5.8	6.2
09/06/2012	12:30:00	2.9	3	3	5.8	5.8	6.4
09/06/2012	12:45:00	2.9	3.3	3.2	5.9	6.3	6.9
09/06/2012	13:00:00	2.9	3.4	3.2	6.2	6.3	7.1
09/06/2012	13:15:00	2.9	3.4	3	6.3	6.3	7.1
09/06/2012	13:30:00	2.6	2.8	2.9	6.3	5.8	6.6
09/06/2012	13:45:00	3	3	3.1	6.8	6.6	7.7
09/06/2012	14:00:00	3.2	3.3	3.4	7.2	6.9	8
09/06/2012	14:15:00	3	3.1	3.2	7.4	6.8	7.6
09/06/2012	14:30:00	2.8	3.3	3.4	6.1	6.1	6.6
09/06/2012	14:45:00	3.1	3.5	3.3	5.5	5.3	6.7
09/06/2012	15:00:00	3.1	3.3	3.5	5.4	5.5	6.5
09/06/2012	15:15:00	3	3.3	3.3	5.1	5.3	5.8
09/06/2012	15:30:00	2.8	3	3.3	5.1	5.2	5.9
09/06/2012	15:45:00	3.2	3.6	3.7	5.2	5.3	6.2
09/06/2012	16:00:00	3.1	3.6	3.6	5	5.5	6.5
09/06/2012	16:15:00	3.9	3.5	4.3	6.1	7.1	7.6
09/06/2012	16:30:00	2.6	3.2	2.9	5.2	5.9	6.2
09/06/2012	16:45:00	2.6	2.8	2.7	4.5	4.7	5.2
09/06/2012	17:00:00	2.8	3.6	3.6	4.9	5.3	6.1
09/06/2012	17:15:00	2.3	2.7	2.9	5.6	6.3	6.9
09/06/2012	17:30:00	2.7	3.1	3.3	6.4	6.7	7.5
09/06/2012	17:45:00	2.1	2.7	2.9	7.3	7.7	9
09/06/2012	18:00:00	1.9	2.3	2.6	8.2	8.5	9.5
09/06/2012	18:15:00	2.1	2.6	2.8	9.1	9.7	11
09/06/2012	18:30:00	2.2	2.2	2.6	10	10	11.1
09/06/2012	18:45:00	2.5	2.1	3	11.1	11.8	12.8
09/06/2012	19:00:00	2.2	2.3	2.5	13.4	13.2	14.4
09/06/2012	19:15:00	2.1	2.4	2.3	12.1	12.7	13.5
09/06/2012	19:30:00	2	2.3	2.3	12.6	12.8	13.8
09/06/2012	19:45:00	2.2	2.3	2.4	13.2	13.8	13.9
09/06/2012	20:00:00	2.3	2.6	2.5	13.4	14.1	15
09/06/2012	20:15:00	2.1	2.3	2.3	14.1	14.3	15.1
09/06/2012	20:30:00	2.2	2.2	2.3	13.9	14.2	15
09/06/2012	20:45:00	1.8	2.3	2.2	13.2	13.8	14.7
09/06/2012	21:00:00	2.5	2.8	2.7	14.4	15.7	16.2
09/06/2012	21:15:00	2.3	2.5	2.5	14.2	14.4	15.7
09/06/2012	21:30:00	2	2.3	2.3	13.9	14.2	15.1
09/06/2012	21:45:00	1.9	2	2.3	14.2	13.8	15.7
09/06/2012	22:00:00	2.2	2.3	2.3	14.5	14.4	15.9
09/06/2012	22:15:00	1.9	2.4	2.2	13.5	14	15.4
09/06/2012	22:30:00	2	1.8	2.1	13.3	13.5	14.8
09/06/2012	22:45:00	2.2	2.3	2.4	14.3	14	15.3
09/06/2012	23:00:00	2.4	2.5	2.5	14.9	15	15.6
09/06/2012	23:15:00	2.5	2.6	2.8	12.8	12.3	14.2
09/06/2012	23:30:00	2.5	2.6	2.6	12.6	12.8	14
09/06/2012	23:45:00	2.3	2.5	2.6	10.9	11.2	11.9
		2.89	3.08	3.16	7.92	8.02	8.75

Fecha	Horario	%V L1 (%V THD)	%V L2 (%V THD)	%V L3 (%V THD)	%I L1 (%I THD)	%I L2 (%I THD)	%I L3 (%I THD)
10/06/2012	00:00:00	2.5	2.4	2.9	10.4	10.4	11.6
10/06/2012	00:15:00	2.6	2.6	2.8	11	10.9	11.9
10/06/2012	00:30:00	2.4	2.5	2.7	10.6	10.7	11.9
10/06/2012	00:45:00	2.5	2.8	2.8	10.5	10.6	11.5
10/06/2012	01:00:00	3	2.9	3.3	11.9	11.7	12.3
10/06/2012	01:15:00	2.9	2.9	3	11	10.1	11
10/06/2012	01:30:00	2.9	2.9	3.2	11.4	11.2	11.6
10/06/2012	01:45:00	2.7	2.7	3.1	10.9	10.5	11.5
10/06/2012	02:00:00	3.3	3.2	3.5	12.1	11.8	11.6
10/06/2012	02:15:00	3	3.2	3.4	11.7	11.4	11.8
10/06/2012	02:30:00	2.7	2.9	3.1	10.5	9.6	10.7
10/06/2012	02:45:00	2.6	2.7	2.7	10.6	10.1	10.4
10/06/2012	03:00:00	3	2.9	3.1	11.6	10.8	11.8
10/06/2012	03:15:00	3	2.7	2.9	11.6	10.9	12.1
10/06/2012	03:30:00	2.9	2.9	3.1	11.1	10.6	11
10/06/2012	03:45:00	2.6	2.6	3.2	11.7	11	11.6
10/06/2012	04:00:00	2.9	2.8	2.8	12	10.5	11.8
10/06/2012	04:15:00	2.8	2.9	3.1	11.6	10.9	11.8
10/06/2012	04:30:00	2.8	3	3.2	12	10.9	11.7
10/06/2012	04:45:00	3	3.1	3.4	12.1	11.3	12.1
10/06/2012	05:00:00	3.1	3.1	3.4	12.7	12.2	12.5
10/06/2012	05:15:00	3.1	2.8	3.2	11.7	10.6	11.3
10/06/2012	05:30:00	2.7	2.8	2.8	11	10.1	10.9
10/06/2012	05:45:00	3.1	3.1	3.3	11.5	11.1	11.7
10/06/2012	06:00:00	2.8	3	3.1	11.4	11	12
10/06/2012	06:15:00	3.2	3	3.2	11	9.7	10.2
10/06/2012	06:30:00	3	3.3	3.6	6.4	6.1	8.3
10/06/2012	06:45:00	3.4	4.1	4.3	6	6.8	8.6
10/06/2012	07:00:00	3.8	4.2	4	7.9	6.2	9.1
10/06/2012	07:15:00	3.8	3.7	3.7	8.5	7.2	9.6
10/06/2012	07:30:00	3.9	4.1	4.1	8.2	7.8	9.4
10/06/2012	07:45:00	3.4	3.8	4	7.6	7.5	8.9
10/06/2012	08:00:00	2.5	3	3	7.8	7.5	9.6
10/06/2012	08:15:00	2.6	2.6	3	6.6	6.2	8.1
10/06/2012	08:30:00	2.5	2.7	2.8	6.9	7.1	8.1
10/06/2012	08:45:00	3.1	3.2	3.4	8.1	7.5	9.1
10/06/2012	09:00:00	2.7	3.1	2.9	7.2	8	8.7
10/06/2012	09:15:00	2.6	2.7	2.8	6.9	7.6	9
10/06/2012	09:30:00	2.4	2.5	2.8	8	7.6	9.6
10/06/2012	09:45:00	2.4	2.6	2.8	8.2	7.7	9.7
10/06/2012	10:00:00	1.9	2.6	2.3	6.8	7.2	8.6
10/06/2012	10:15:00	2.5	2.5	2.6	7.3	7	8.5
10/06/2012	10:30:00	2.4	2.6	2.8	8.3	7.8	8.9
10/06/2012	10:45:00	2.3	2.7	2.8	7.9	7.8	9.4
10/06/2012	11:00:00	2.1	2.5	2.5	7.9	7.1	8.8
10/06/2012	11:15:00	2.1	2.2	2.7	9	7.8	9.4
10/06/2012	11:30:00	2.6	3.1	3.2	8.1	7.8	9.6
10/06/2012	11:45:00	2.7	3.3	3.1	7.5	7.9	9.1
10/06/2012	12:00:00	2.6	3.2	3.1	8.6	8.3	9.7
10/06/2012	12:15:00	2.7	3	3.2	8.1	8	9.7
10/06/2012	12:30:00	2.3	3.1	3.3	7.5	7.7	9.9
10/06/2012	12:45:00	2.8	3.1	3.4	8.9	8.4	10.2
10/06/2012	13:00:00	2.7	3.1	3.2	8.8	8.5	9.5
10/06/2012	13:15:00	3	3.3	3.3	8.5	7.4	10
10/06/2012	13:30:00	2.9	3.1	2.6	8.4	8.1	9.8
10/06/2012	13:45:00	2.1	2.4	2.6	8.3	7.8	9.7
10/06/2012	14:00:00	2.5	3.2	3.3	9.2	9.2	11.1
10/06/2012	14:15:00	2.5	2.5	2.6	9.8	8.8	10.1
10/06/2012	14:30:00	2	2.4	2.7	9.1	9	10.6
10/06/2012	14:45:00	2.1	2.6	2.8	9.2	8.6	10.6
10/06/2012	15:00:00	2.1	2.2	2.7	8.4	9	10.1
10/06/2012	15:15:00	2.6	2.3	3	8.5	8.4	9.8
10/06/2012	15:30:00	2.3	2.7	2.7	8.9	8.9	9.9
10/06/2012	15:45:00	1.8	2.4	2.7	9	8.4	9.4
10/06/2012	16:00:00	1.9	2.5	2.6	8.2	8	9.4
10/06/2012	16:15:00	2.4	2.7	2.8	8.5	8.6	10.1
10/06/2012	16:30:00	1.8	2.5	2.7	8.8	8.7	10.3
10/06/2012	16:45:00	2.2	2.2	2.4	9.4	8.4	9.9
10/06/2012	17:00:00	2	2.5	2.5	9.2	8.3	10
10/06/2012	17:15:00	2	2.3	2.8	9.9	9.3	10.8
10/06/2012	17:30:00	2.9	2.7	3.1	10.9	9.8	11.3
10/06/2012	17:45:00	2.4	2.7	3.1	9.9	9.7	11.2
10/06/2012	18:00:00	2	2.2	2.7	10.6	10.3	11.8
10/06/2012	18:15:00	1.7	1.8	2.2	11.9	11.9	13.4
10/06/2012	18:30:00	1.7	2	2.2	11.5	11.5	12.8
10/06/2012	18:45:00	2	2.3	2.3	12.5	12	13.1
10/06/2012	19:00:00	1.9	2.2	2.2	12.7	12.7	13.8
10/06/2012	19:15:00	1.9	2.3	2.3	13.2	13	14.4
10/06/2012	19:30:00	2.4	2.2	2.4	13.5	13	14.6
10/06/2012	19:45:00	2	2.5	2.2	12.8	12.9	14.1
10/06/2012	20:00:00	2.2	2.1	2.2	13.2	13.1	14.6
10/06/2012	20:15:00	2.2	2.3	2.5	12.8	13.2	13.9
10/06/2012	20:30:00	2.2	2.3	2.4	13.8	13.4	15
10/06/2012	20:45:00	1.9	2.4	2.3	14	14.3	15.3
10/06/2012	21:00:00	2.2	2	2.2	13.5	13.7	14.9
10/06/2012	21:15:00	2.2	2.3	2.5	13.8	13.7	15.2
10/06/2012	21:30:00	2.4	2.8	2.9	15.6	16.2	17.4
10/06/2012	21:45:00	3	2.9	3	14.8	14.6	15.5
10/06/2012	22:00:00	3.1	3	3.2	15.4	15.6	16.1
10/06/2012	22:15:00	3.1	3.2	3.4	15.1	15.4	16.2
10/06/2012	22:30:00	3.1	3.1	3.4	15.4	15.4	16.2
10/06/2012	22:45:00	3.2	3.2	3.5	14.3	14.2	15.1
10/06/2012	23:00:00	3.5	3.3	3.7	13.3	13.3	14.4
10/06/2012	23:15:00	3.2	3.2	3.6	13.7	13.5	14.4
10/06/2012	23:30:00	3.5	3.3	3.5	13.7	13.1	14.2
10/06/2012	23:45:00	3	2.9	3.3	12.6	12.4	13.2
		2.64	2.82	3.00	10.53	10.21	11.49

Fecha	Horario	%V L1 (%V THD)	%V L2 (%V THD)	%V L3 (%V THD)	%I L1 (%I THD)	%I L2 (%I THD)	%I L3 (%I THD)
11/06/2012	00:00:00	3.2	3.2	3.4	13.3	13	14.1
11/06/2012	00:15:00	3.4	3.3	3.6	12.7	12.7	13.7
11/06/2012	00:30:00	3.1	3.2	3.5	12.1	12.1	13
11/06/2012	00:45:00	3.1	3	3.3	11.6	11.2	12.6
11/06/2012	01:00:00	4	3.9	4.1	14.7	14	15.2
11/06/2012	01:15:00	3.6	3.6	3.8	12.6	12.2	13.2
11/06/2012	01:30:00	3.5	3.6	3.8	12.8	12.8	13.2
11/06/2012	01:45:00	3.5	3.8	3.7	13.5	13.3	13.8
11/06/2012	02:00:00	2.9	2.8	3.2	12	11.1	12.5
11/06/2012	02:15:00	3.4	3.3	3.6	14.9	14	14.4
11/06/2012	02:30:00	3.2	3.3	3.5	13.9	12.7	13.4
11/06/2012	02:45:00	3.2	3.1	3.5	13.7	12.8	13.3
11/06/2012	03:00:00	3.1	3.1	3.3	12.6	12.2	13.1
11/06/2012	03:15:00	3.3	3	3.4	13.1	12.3	13.6
11/06/2012	03:30:00	3.2	3.4	3.6	12.3	11.8	13.3
11/06/2012	03:45:00	3.3	3.3	3.3	13.2	12.9	13
11/06/2012	04:00:00	3.1	3.1	3.5	12.6	12.1	12.5
11/06/2012	04:15:00	3.2	3	3.4	12.2	10.9	12.8
11/06/2012	04:30:00	3.5	3.4	3.6	13.1	12.3	13.2
11/06/2012	04:45:00	3.7	3.7	3.9	13.5	13.2	14
11/06/2012	05:00:00	3.7	3.5	3.8	14	13	13.9
11/06/2012	05:15:00	3.9	3.9	4	13.6	13	14.6
11/06/2012	05:30:00	4.1	4.4	4.3	13.6	13.6	14.2
11/06/2012	05:45:00	4.1	3.9	4.1	13.9	13	14.3
11/06/2012	06:00:00	4	3.9	4	13.9	13.4	14.2
11/06/2012	06:15:00	4.5	4.4	4.4	14	13.4	13.9
11/06/2012	06:30:00	4.2	4.8	4.7	9.5	10.4	11.2
11/06/2012	06:45:00	3.7	4	4.2	8.6	8.8	10.4
11/06/2012	07:00:00	3.5	4.2	3.9	7.2	8.1	9.6
11/06/2012	07:15:00	3.3	3.8	3.9	5.9	6	7.7
11/06/2012	07:30:00	2.2	3.3	2.9	5.5	4.6	7
11/06/2012	07:45:00	3.2	3.7	3.6	3.9	4	4.8
11/06/2012	08:00:00	2.7	3.2	3.2	4.9	4.3	5.9
11/06/2012	08:15:00	2.7	2.9	3.1	4.5	4	5.5
11/06/2012	08:30:00	2.7	3.4	3.1	5	5.1	5.8
11/06/2012	08:45:00	2.6	2.9	2.6	4.8	4.3	5.7
11/06/2012	09:00:00	2.5	2.8	2.8	4.4	4.2	5.7
11/06/2012	09:15:00	2.9	4	3.5	4.7	5.7	6.2
11/06/2012	09:30:00	2.5	3	2.7	4.8	5.1	5.9
11/06/2012	09:45:00	2.2	2.7	2.4	4.3	3.5	5.5
11/06/2012	10:00:00	2.6	3	2.8	4.1	3.9	5.7
11/06/2012	10:15:00	2.4	2.8	2.5	4.3	4	5.5
11/06/2012	10:30:00	2.3	2.5	2.8	4	3.6	5.6
11/06/2012	10:45:00	1.9	2.3	2.3	3.5	3.2	4.8
11/06/2012	11:00:00	1.9	2.3	2.3	4.9	4.5	5.8
11/06/2012	11:15:00	2.7	3.3	3.2	5.6	5.6	6.4
11/06/2012	11:30:00	2.4	2.7	2.6	4.2	4.4	6.1
11/06/2012	11:45:00	2.1	2.5	2.5	3.9	3.6	5.2
11/06/2012	12:00:00	2.4	2.8	2.9	4	3.8	5.8
11/06/2012	12:15:00	3	3.2	3.2	4.9	4.9	5.9
11/06/2012	12:30:00	2.5	2.9	2.9	3.8	4.1	5.5
11/06/2012	12:45:00	3.3	3.8	3.7	5.5	5.6	6.8
11/06/2012	13:00:00	2.7	3.2	3.3	4.5	4.8	5.8
11/06/2012	13:15:00	2.7	3.1	3	5	5	6.1
11/06/2012	13:30:00	2.3	2.7	2.8	4.2	4.3	5.5
11/06/2012	13:45:00	1.8	2.1	2.4	5.1	4.1	5.3
11/06/2012	14:00:00	1.5	2	2.1	4.7	4.5	5.2
11/06/2012	14:15:00	2	2	2.3	5.4	5.2	6.2
11/06/2012	14:30:00	2.3	2.5	2.5	5.3	5.5	6.6
11/06/2012	14:45:00	1.3	1.7	1.7	4.9	4.1	5.6
11/06/2012	15:00:00	2.4	2.6	2.7	6.2	5.8	6.8
11/06/2012	15:15:00	1.5	2.3	2.6	4.8	4.5	5.7
11/06/2012	15:30:00	1.6	2.2	2.1	4.9	4.7	5.7
11/06/2012	15:45:00	1.3	1.8	1.7	5.4	4.1	5.3
11/06/2012	16:00:00	1.4	1.8	1.7	5.6	4.5	6.3
11/06/2012	16:15:00	1.6	1.7	1.8	5	4.2	5.8
11/06/2012	16:30:00	1.5	1.9	1.8	5.5	4.4	6.3
11/06/2012	16:45:00	1.6	1.5	1.7	5.8	5.3	6.6
11/06/2012	17:00:00	1.1	1.5	1.5	5.7	4.6	6.2
11/06/2012	17:15:00	1.3	1.4	1.6	6.3	6.6	7.8
11/06/2012	17:30:00	1.5	1.3	1.5	7.7	6.7	8.6
11/06/2012	17:45:00	1.3	1	1.6	8.8	7.4	9.1
11/06/2012	18:00:00	1.6	1.4	1.8	8.8	8	9.9
11/06/2012	18:15:00	1.2	1.6	1.7	9.6	9.2	10.4
11/06/2012	18:30:00	1.6	1.8	1.5	10.4	10.2	11.1
11/06/2012	18:45:00	1.5	1.1	1.5	11	10.6	11.8
11/06/2012	19:00:00	1.2	1.8	1.5	11.4	11	11.8
11/06/2012	19:15:00	1.6	1.7	1.8	11.4	11.7	12.7
11/06/2012	19:30:00	1.5	1.5	1.9	12	12.1	12.8
11/06/2012	19:45:00	1.5	1.6	2	12.4	12.2	12.6
11/06/2012	20:00:00	1.9	1.8	1.9	12.5	12.6	13.3
11/06/2012	20:15:00	1.8	1.6	1.7	12.9	12.1	13.2
11/06/2012	20:30:00	1.6	1.7	1.9	12.3	12	13.4
11/06/2012	20:45:00	2	2.1	2.1	13.3	12.8	13.8
11/06/2012	21:00:00	2.1	2.1	2.1	13.1	13.3	14
11/06/2012	21:15:00	2.1	2.2	2.5	13.9	13.3	14.9
11/06/2012	21:30:00	2.2	2.3	2.4	14.5	13.9	15.5
11/06/2012	21:45:00	2.2	2.2	2.5	14.4	14.3	16.1
11/06/2012	22:00:00	2.1	2.2	2.5	14.6	15	15.7
11/06/2012	22:15:00	2.5	2.6	2.9	14.8	15.1	15.8
11/06/2012	22:30:00	2.6	2.5	2.6	14.2	13.8	15
11/06/2012	22:45:00	2.5	2.7	2.7	14.1	13.4	14.2
11/06/2012	23:00:00	2.4	2.5	2.7	12.2	12.1	13
11/06/2012	23:15:00	2.3	2.3	2.6	11.9	12.2	13
11/06/2012	23:30:00	2	1.9	2.2	11.5	10.9	11.9
11/06/2012	23:45:00	2.2	2.3	2.6	11.1	11	12
		2.55	2.74	2.84	9.30	8.96	10.14

Fecha	Horario	%V L1 (%V THD)	%V L2 (%V THD)	%V L3 (%V THD)	%I L1 (%I THD)	%I L2 (%I THD)	%I L3 (%I THD)
12/06/2012	00:00:00	2.3	2.5	2.7	11.8	11.8	13
12/06/2012	00:15:00	2.7	2.7	2.7	11.7	11.7	12.8
12/06/2012	00:30:00	2.6	2.6	2.9	11.2	10.5	11.9
12/06/2012	00:45:00	2.9	2.6	3	11.1	10.7	12.1
12/06/2012	01:00:00	3	3.1	3.2	12	11.6	12.6
12/06/2012	01:15:00	2.8	3.2	3.1	10.6	10.2	11.3
12/06/2012	01:30:00	3.1	3.1	3.4	10.5	10.1	11.6
12/06/2012	01:45:00	2.9	2.9	3.1	10.1	9.2	10.1
12/06/2012	02:00:00	3.2	3.2	3.5	10.2	9.8	11
12/06/2012	02:15:00	3.1	3	3.1	9.7	8.9	10.1
12/06/2012	02:30:00	3	2.8	3.2	9.5	9.3	9.7
12/06/2012	02:45:00	3	3.1	3.1	10.3	9.4	10.3
12/06/2012	03:00:00	3.3	3.1	3.3	10.2	9.7	10.3
12/06/2012	03:15:00	3.1	3	3.4	10.1	9.9	9.9
12/06/2012	03:30:00	3	2.8	3.1	11.1	9.8	10.1
12/06/2012	03:45:00	3.2	3.2	3.5	11	10.6	10.7
12/06/2012	04:00:00	3.2	3.6	3.6	11.4	10.7	11.6
12/06/2012	04:15:00	3.6	3.3	3.7	12.3	11.1	11.8
12/06/2012	04:30:00	3.3	3.2	3.3	11	10	11.4
12/06/2012	04:45:00	3.1	3.2	3.4	11.3	10.6	11.4
12/06/2012	05:00:00	3.3	3.4	3.6	11.4	10.6	11.4
12/06/2012	05:15:00	3.4	3.5	3.7	11.3	10.4	11.3
12/06/2012	05:30:00	3	3.1	3.2	10.6	9.6	10.3
12/06/2012	05:45:00	3.3	3	3.3	9.3	8.9	10.1
12/06/2012	06:00:00	3.4	3.5	3.6	10.7	9.6	10.9
12/06/2012	06:15:00	3.4	3.7	3.5	12.2	10.8	11.5
12/06/2012	06:30:00	3.5	3.5	3.5	10.1	9.4	9.7
12/06/2012	06:45:00	2.8	3.1	3.3	4.3	3.7	4.8
12/06/2012	07:00:00	3.1	3.7	3.6	4.4	3.4	5.4
12/06/2012	07:15:00	2.9	3.5	3.7	4	3.1	4.9
12/06/2012	07:30:00	2.7	3	3.2	3.4	2.8	4.2
12/06/2012	07:45:00	2.8	3.4	3.6	3	2.6	3.8
12/06/2012	08:00:00	3	3.7	3.5	3.5	3.2	4.8
12/06/2012	08:15:00	2.6	3.1	3.4	4	3.1	4.7
12/06/2012	08:30:00	2.6	2.8	2.9	3.5	2.5	3.6
12/06/2012	08:45:00	2.6	3.1	3.1	2.8	3	4.1
12/06/2012	09:00:00	2.9	3.6	3.2	3.2	3.6	4.6
12/06/2012	09:15:00	2.7	3.1	3.1	2.4	2.8	4
12/06/2012	09:30:00	2.7	3.3	3.3	2.7	2.6	3.7
12/06/2012	09:45:00	3.3	3.7	3.8	3.4	3	3.9
12/06/2012	10:00:00	3.2	3.4	3.5	3.2	2.8	3.9
12/06/2012	10:15:00	2.6	3	2.9	3.2	2.1	3.5
12/06/2012	10:30:00	2.7	3	3	3	2.7	3.6
12/06/2012	10:45:00	3	3.2	3	3.3	2.8	3.7
12/06/2012	11:00:00	2.6	3.4	3	3.1	2.6	3.5
12/06/2012	11:15:00	3.1	3.5	3.3	2.9	2.3	3.4
12/06/2012	11:30:00	2.9	3.3	3.3	2.7	2.5	3.1
12/06/2012	11:45:00	3.2	3.7	3.5	3.2	2.8	3.5
12/06/2012	12:00:00	3	3.4	3.2	2.9	2.3	3.5
12/06/2012	12:15:00	2.9	3.4	3.3	2.8	2.8	3.5
12/06/2012	12:30:00	2.5	2.8	2.9	3.5	2.9	3.5
12/06/2012	12:45:00	2.7	3.2	3	3.9	3.2	4.1
12/06/2012	13:00:00	3.4	3.2	2.9	3.1	3.2	4.2
12/06/2012	13:15:00	2.6	3.2	2.9	3.7	3.4	5.1
12/06/2012	13:30:00	3	3.3	3.1	3.4	3.8	4.9
12/06/2012	13:45:00	3.1	3.3	3.6	4.1	4.9	5.5
12/06/2012	14:00:00	2.8	3.5	3.5	4.4	4.3	5.6
12/06/2012	14:15:00	2.9	3.3	3.4	4.5	4	5.7
12/06/2012	14:30:00	2.4	2.9	2.8	4.6	3.7	4.9
12/06/2012	14:45:00	2.2	2.4	2.5	4.5	4.2	5
12/06/2012	15:00:00	2.1	2.7	2.8	4.9	4.1	5.5
12/06/2012	15:15:00	1.8	2.4	2.6	5.5	4.3	5.5
12/06/2012	15:30:00	1.8	2.4	2.5	4.7	4.2	5.2
12/06/2012	15:45:00	2.1	2.7	2.7	4.3	3.8	4.9
12/06/2012	16:00:00	2.3	2.8	2.7	4.6	4	5.5
12/06/2012	16:15:00	1.9	2.7	2.4	4.9	4.3	5.2
12/06/2012	16:30:00	1.9	2.4	2.4	4.3	3.9	4.9
12/06/2012	16:45:00	2.2	2.7	2.8	4.4	4	5.2
12/06/2012	17:00:00	1.9	2.5	2.4	4.5	3.9	5
12/06/2012	17:15:00	1.8	2.3	2.4	5.6	4.9	6.4
12/06/2012	17:30:00	2.3	2.3	2	5.5	5.4	6.5
12/06/2012	17:45:00	1.7	1.9	1.8	8.1	8.1	8.8
12/06/2012	18:00:00	1.9	1.9	2.4	8.7	8.2	10.2
12/06/2012	18:15:00	1.7	1.7	2.2	9.4	8.5	9.8
12/06/2012	18:30:00	1.6	1.7	1.8	9.3	9	10.1
12/06/2012	18:45:00	1.7	1.9	2.1	10.4	9.8	11
12/06/2012	19:00:00	1.8	2	1.9	10.4	10	11
12/06/2012	19:15:00	2.2	2.1	2.1	10.7	9.7	10.9
12/06/2012	19:30:00	2.4	2.5	2.4	11	11.4	11.9
12/06/2012	19:45:00	2.6	2.9	2.7	13	13.1	13.5
12/06/2012	20:00:00	2.4	2.4	2.3	11.2	11.6	12.1
12/06/2012	20:15:00	2.3	2.3	2.4	11.3	10.9	11.8
12/06/2012	20:30:00	2.4	2.2	2.3	11.6	11.5	12.5
12/06/2012	20:45:00	2.2	2.4	2.6	10.4	11.7	12.1
12/06/2012	21:00:00	2.3	2.2	2.3	11.2	11.6	12.4
12/06/2012	21:15:00	2.1	2.5	2.3	11.9	12.1	13
12/06/2012	21:30:00	2.1	2.4	2.4	11.8	11.7	12.8
12/06/2012	21:45:00	2.1	2.2	2.2	11.1	11.3	12
12/06/2012	22:00:00	2.1	2.3	2.3	12	11.4	12.4
12/06/2012	22:15:00	2.7	2.8	3	12.6	12.4	13.1
12/06/2012	22:30:00	2.4	2.6	2.8	12.3	12.4	13.2
12/06/2012	22:45:00	2.5	2.5	2.8	12.1	11.9	12.8
12/06/2012	23:00:00	2.4	2.6	2.6	11.6	11.8	12.2
12/06/2012	23:15:00	2.4	2.3	2.6	10.4	10.3	11.1
12/06/2012	23:30:00	2.8	3	3	10.9	11.1	11.4
12/06/2012	23:45:00	2.9	3	3.2	11.1	10.8	11.6
		2.68	2.92	2.98	7.74	7.33	8.34

Fecha	Horario	%V L1 (%V THD)	%V L2 (%V THD)	%V L3 (%V THD)	%I L1 (%I THD)	%I L2 (%I THD)	%I L3 (%I THD)
13/06/2012	00:00:00	2.9	2.9	3	10.5	10.6	10.9
13/06/2012	00:15:00	2.7	2.8	3.1	10.1	10	10.4
13/06/2012	00:30:00	3	3	3.1	10.3	10.4	10.5
13/06/2012	00:45:00	3.2	3.3	3.5	11.1	11	11.4
13/06/2012	01:00:00	2.9	2.9	3.1	10.4	10.1	11.2
13/06/2012	01:15:00	2.7	2.8	2.9	10.1	9.8	10.2
13/06/2012	01:30:00	3	3	3.1	10.2	10.6	10.7
13/06/2012	01:45:00	2.9	3.1	3.2	10.7	10	10.3
13/06/2012	02:00:00	3.2	3	3.2	12	11.5	12.1
13/06/2012	02:15:00	3	3	3	10.9	10.8	11
13/06/2012	02:30:00	3	3.1	3.2	11.9	11	12.3
13/06/2012	02:45:00	3	3.1	3.5	11.8	11.1	11.5
13/06/2012	03:00:00	2.9	3	3.2	11.3	10.9	11.2
13/06/2012	03:15:00	2.7	2.9	3	11.1	10.7	10.6
13/06/2012	03:30:00	2.9	2.9	3	11.2	10.7	11
13/06/2012	03:45:00	2.9	3.1	3.2	11	11	11.5
13/06/2012	04:00:00	3	2.9	3.2	11.1	10.7	11.5
13/06/2012	04:15:00	3.2	3.2	3.3	10.4	9.8	10.7
13/06/2012	04:30:00	3	3.1	3.3	9.8	9.8	10.5
13/06/2012	04:45:00	3	3.1	3.1	10.7	10	10.5
13/06/2012	05:00:00	2.8	2.8	3.1	10.4	9.9	10.8
13/06/2012	05:15:00	2.6	2.7	2.8	9.9	9.3	10.6
13/06/2012	05:30:00	2.9	2.8	2.9	10	9.6	10.1
13/06/2012	05:45:00	2.8	2.7	3	9.6	9.2	9.5
13/06/2012	06:00:00	2.9	3	3.2	10.2	9.7	10.2
13/06/2012	06:15:00	2.8	2.8	2.9	9.7	8.7	9.5
13/06/2012	06:30:00	2.8	3.3	3.2	4.4	4.8	5.9
13/06/2012	06:45:00	3.1	3.7	3.5	4.4	4	5.9
13/06/2012	07:00:00	2.9	3.2	3.1	4.3	3.5	5.1
13/06/2012	07:15:00	2.9	3.1	3	3.6	3.5	3.9
13/06/2012	07:30:00	3	3.2	3.3	3.2	3.2	4.5
13/06/2012	07:45:00	2.3	2.9	2.8	3.4	3.1	4.8
13/06/2012	08:00:00	2.6	2.6	2.9	3.5	2.8	4
13/06/2012	08:15:00	2.4	3	2.9	4.5	3.7	4.7
13/06/2012	08:30:00	2.4	2.9	2.9	3.9	3.7	4
13/06/2012	08:45:00	2.9	3.4	3.4	3.8	3.5	4.9
13/06/2012	09:00:00	2.3	2.7	3	4.9	4.3	5.8
13/06/2012	09:15:00	2	2.5	2.3	4.2	3.5	4.9
13/06/2012	09:30:00	2.2	2.6	2.6	4.4	3.5	5.4
13/06/2012	09:45:00	1.6	1.9	2	4.5	3.6	5
13/06/2012	10:00:00	2	2	2.4	4.7	3.7	4.8
13/06/2012	10:15:00	1.8	1.9	2	4.6	3.7	5
13/06/2012	10:30:00	1.9	1.9	2.1	4.5	3.7	4.8
13/06/2012	10:45:00	1.8	1.8	2	4.7	4.1	5.1
13/06/2012	11:00:00	1.5	1.8	1.7	4.1	3.7	4.4
13/06/2012	11:15:00	1.6	1.8	1.7	3.7	3.1	3.9
13/06/2012	11:30:00	1.6	1.9	2.1	3.9	3.2	4.2
13/06/2012	11:45:00	3.1	3	3.1	6.4	5.5	6.8
13/06/2012	12:00:00	1.7	1.7	1.8	4.7	4.2	4.3
13/06/2012	12:15:00	1.7	1.8	1.9	5.2	4.1	5.2
13/06/2012	12:30:00	1.4	2.2	1.5	5	4.5	4.8
13/06/2012	12:45:00	1.4	2	1.7	4.9	3.9	4.7
13/06/2012	13:00:00	1.3	1.5	1.8	5.4	4.9	5.5
13/06/2012	13:15:00	1.6	1.7	2.4	5	4.1	5.8
13/06/2012	13:30:00	2.4	2.6	2.7	5	4.4	5.6
13/06/2012	13:45:00	1.7	1.9	2.1	4.9	4.5	4.9
13/06/2012	14:00:00	1.9	2.1	2.3	4.4	4.1	4.8
13/06/2012	14:15:00	1.6	1.6	2	5.2	4.4	5.1
13/06/2012	14:30:00	1.2	1.3	1.7	5	4.3	4.9
13/06/2012	14:45:00	1	1.3	1.5	5.1	4.3	5.1
13/06/2012	15:00:00	1	1.3	1.6	4.6	4.2	5.1
13/06/2012	15:15:00	1.4	1.6	1.9	5.1	4.6	5.3
13/06/2012	15:30:00	1.8	2	2.3	5.1	4.8	5.5
13/06/2012	15:45:00	1.5	1.5	1.8	6	4.8	5.8
13/06/2012	16:00:00	1.8	2	1.9	6	5.5	6.3
13/06/2012	16:15:00	1.7	1.9	2.1	6.8	5.5	6.8
13/06/2012	16:30:00	1.7	2	2	6.4	5.7	6.3
13/06/2012	16:45:00	1.6	1.9	2.1	6.5	5.3	6.8
13/06/2012	17:00:00	2	1.5	2.2	6.2	4.9	6.4
13/06/2012	17:15:00	1.6	1.8	1.9	7.2	6.7	7.7
13/06/2012	17:30:00	2.2	2.3	2.6	6.7	6.5	7.6
13/06/2012	17:45:00	1.8	2.1	2.4	8.1	6.6	9.1
13/06/2012	18:00:00	1.5	1.9	2.2	9.4	8.5	10.9
13/06/2012	18:15:00	1.9	1.9	2.1	11.7	11.1	12.9
13/06/2012	18:30:00	2	1.7	2.4	12	11.1	13.6
13/06/2012	18:45:00	1.9	1.6	1.9	11.3	10.9	12.4
13/06/2012	19:00:00	1.9	1.9	2	12	11.8	13
13/06/2012	19:15:00	1.9	2	2.1	12.1	12.6	13.7
13/06/2012	19:30:00	2.5	2.7	2.6	13.6	13.9	14.3
13/06/2012	19:45:00	2.3	2.2	2.3	13.4	13.6	14.4
13/06/2012	20:00:00	2.2	2.4	2.3	13.8	14.1	15
13/06/2012	20:15:00	2.5	2.6	2.6	14.7	15.3	15.7
13/06/2012	20:30:00	2.1	2.1	2.3	14	14.3	14.8
13/06/2012	20:45:00	2.1	2	2.2	13.6	13.7	15.1
13/06/2012	21:00:00	2	2.2	2.3	14.6	14.5	15.6
13/06/2012	21:15:00	2.1	2.4	2.4	14.8	15	15.6
13/06/2012	21:30:00	2	2.2	2.3	14.7	14.3	15.5
13/06/2012	21:45:00	2.3	2.4	2.5	15.6	15.4	16.1
13/06/2012	22:00:00	2	2	2.4	14	13.5	15
13/06/2012	22:15:00	2.5	2.4	2.7	15.3	15.6	16.4
13/06/2012	22:30:00	1.9	2.2	2.3	14	14.1	14.8
13/06/2012	22:45:00	2.2	2.3	2.5	14.7	14.7	15.9
13/06/2012	23:00:00	2.1	2.1	2.4	14.3	14.8	15.8
13/06/2012	23:15:00	2.4	2.5	2.7	12.1	12.4	13.6
13/06/2012	23:30:00	2.5	2.5	2.8	11.9	11.6	12.9
13/06/2012	23:45:00	1.9	2	2.2	10.2	9.8	11.3
		2.28	2.42	2.57	8.66	8.23	9.18

Fecha	Horario	%V L1 (%V THD)	%V L2 (%V THD)	%V L3 (%V THD)	%I L1 (%I THD)	%I L2 (%I THD)	%I L3 (%I THD)
14/06/2012	00:00:00	2.3	2.4	2.7	10.9	11	11.8
14/06/2012	00:15:00	2.6	2.6	2.9	10.6	10.5	11.9
14/06/2012	00:30:00	2.6	2.6	2.8	10.8	11	11.6
14/06/2012	00:45:00	2.7	2.8	2.9	9.7	9.7	10.3
14/06/2012	01:00:00	3	3	3.2	10.2	9.7	10.1
14/06/2012	01:15:00	2.9	2.9	3.1	9.7	9	10.2
14/06/2012	01:30:00	2.8	2.7	3	9.1	8.6	9.1
14/06/2012	01:45:00	2.6	2.8	2.9	8.2	7.9	8.5
14/06/2012	02:00:00	3	3	3.1	8.9	8	9.1
14/06/2012	02:15:00	3.3	3.2	3.4	9.1	9	9.5
14/06/2012	02:30:00	2.9	2.9	3.1	8.4	8.1	8.5
14/06/2012	02:45:00	3.2	2.9	3.3	8.8	7.8	9
14/06/2012	03:00:00	3	3.1	3.2	8.7	8.3	8.8
14/06/2012	03:15:00	3	3.1	3.2	8.7	8.6	8.9
14/06/2012	03:30:00	3.1	2.9	3	7.8	7.1	7.8
14/06/2012	03:45:00	2.5	2.6	2.7	7.2	6.8	6.9
14/06/2012	04:00:00	2.6	2.7	2.9	7.4	7.1	7.5
14/06/2012	04:15:00	2.9	2.9	3.1	8.2	8.1	7.8
14/06/2012	04:30:00	2.6	2.8	3	8.4	7.8	8.7
14/06/2012	04:45:00	3	2.8	2.9	8.9	8.2	8.7
14/06/2012	05:00:00	3.2	3.2	3.5	9	8.2	8.5
14/06/2012	05:15:00	3.3	3.3	3.6	8.3	7.7	8.8
14/06/2012	05:30:00	3.4	3	3.6	8.2	8.1	8.4
14/06/2012	05:45:00	3.1	3.1	3.1	8	7.8	8.3
14/06/2012	06:00:00	3.4	3.2	3.4	8.8	8	8.4
14/06/2012	06:15:00	3	3.1	3.1	8	7.3	8
14/06/2012	06:30:00	3.2	3.4	3.4	4.2	4	5.1
14/06/2012	06:45:00	3	3.4	3.7	4.7	4.5	5.9
14/06/2012	07:00:00	2.7	3.1	3	4.6	4.2	5.8
14/06/2012	07:15:00	2.7	3.3	3.2	3.7	3	4.3
14/06/2012	07:30:00	2.9	3.5	3.6	3.3	3.3	4.7
14/06/2012	07:45:00	2.7	3.3	3.6	2.5	2.7	3.2
14/06/2012	08:00:00	3	3.4	3.4	2.7	2.8	3.4
14/06/2012	08:15:00	2.5	3.2	3	2.8	3	3.7
14/06/2012	08:30:00	2.1	2.3	2.4	3	2.6	3.3
14/06/2012	08:45:00	2	2	2.2	3.3	2.7	3.1
14/06/2012	09:00:00	2.1	2.2	2.4	2.9	2.6	3.1
14/06/2012	09:15:00	2.2	2.3	2.4	2.8	2.5	2.9
14/06/2012	09:30:00	2.1	2.2	2.6	3.8	3.4	4.2
14/06/2012	09:45:00	2.1	2.2	2.4	3.3	2.9	3.6
14/06/2012	10:00:00	2	2	2.3	3.5	2.7	3.5
14/06/2012	10:15:00	2.3	2.3	2.4	4.1	3.2	4.3
14/06/2012	10:30:00	1.7	1.9	2.3	3.8	3.3	3.3
14/06/2012	10:45:00	1.9	1.9	2.1	3.9	3	3.5
14/06/2012	11:00:00	1.8	1.9	2.1	3.6	3.3	3.8
14/06/2012	11:15:00	2.3	2.4	2.6	3.4	3	4
14/06/2012	11:30:00	1.9	2	2	3.4	2.9	3.7
14/06/2012	11:45:00	1.6	1.8	2	4	3.6	4
14/06/2012	12:00:00	1.7	2.2	2.2	4.6	3.6	5.2
14/06/2012	12:15:00	2	2	2.2	4.7	3.6	4.7
14/06/2012	12:30:00	1.6	1.8	1.8	3.7	3.3	4.4
14/06/2012	12:45:00	1.7	1.7	1.9	3.8	3	4
14/06/2012	13:00:00	1.8	2	2.1	4.3	3.9	4.9
14/06/2012	13:15:00	2.5	2.4	2.7	5	4.2	5.3
14/06/2012	13:30:00	2.2	2.4	2.4	5.3	4.9	6
14/06/2012	13:45:00	2.7	2.8	3.1	5.8	5.3	6.3
14/06/2012	14:00:00	2.5	2.8	2.8	5.3	5.1	5.9
14/06/2012	14:15:00	1.6	1.7	2.2	4.9	4.5	5.1
14/06/2012	14:30:00	2.3	1.7	2.1	5.1	4.4	5.3
14/06/2012	14:45:00	1.7	2	2	4.7	4.2	5.4
14/06/2012	15:00:00	1.7	2.1	2.5	4.8	4.2	5.5
14/06/2012	15:15:00	1.2	1.2	1.4	5.7	4.6	5.8
14/06/2012	15:30:00	1.6	1.6	1.7	5.3	4.7	5.6
14/06/2012	15:45:00	1.8	1.5	1.8	6.2	5.2	6.1
14/06/2012	16:00:00	1.7	1.6	1.8	6.7	5.3	6.9
14/06/2012	16:15:00	1.7	1.8	1.9	6	5	6.5
14/06/2012	16:30:00	1.7	1.4	1.6	6.8	5.9	6.9
14/06/2012	16:45:00	1.8	1.7	1.6	7.2	6.4	7.3
14/06/2012	17:00:00	1.8	1.9	2	6.8	6.7	7.1
14/06/2012	17:15:00	1.6	1.6	1.9	8.8	8.1	9.8
14/06/2012	17:30:00	1.6	1.8	1.9	8.3	7.8	9.4
14/06/2012	17:45:00	1.7	1.9	2.4	9.6	9.8	10.7
14/06/2012	18:00:00	1.8	1.9	2.1	11.3	11.9	12.2
14/06/2012	18:15:00	1.6	1.8	2.2	11.9	11.7	12.5
14/06/2012	18:30:00	1.5	1.9	1.9	11.4	11.3	12
14/06/2012	18:45:00	1.8	1.7	2	12.3	11.9	13
14/06/2012	19:00:00	1.8	1.8	1.8	12.6	13.2	13.3
14/06/2012	19:15:00	2.1	2.3	2.4	13.6	13.3	14
14/06/2012	19:30:00	2.1	2.3	2.3	13.3	13.4	14.2
14/06/2012	19:45:00	2.4	2.2	2.5	14.1	14.5	14.9
14/06/2012	20:00:00	2.2	2.2	2.3	13.5	14.1	14.2
14/06/2012	20:15:00	2.5	2.8	2.6	14.9	15.6	15.4
14/06/2012	20:30:00	2	2.2	2.2	14	13.8	14.5
14/06/2012	20:45:00	2.1	2	2.4	14.7	14.3	15.4
14/06/2012	21:00:00	2.1	2.5	2.7	15.1	15.3	16.2
14/06/2012	21:15:00	2	2.1	2.3	14	14.3	15.4
14/06/2012	21:30:00	2.4	2.5	2.5	15.6	16	16.9
14/06/2012	21:45:00	2.3	2.5	2.6	15.5	15.7	17.3
14/06/2012	22:00:00	2.4	2.3	2.7	15.5	16.1	16.8
14/06/2012	22:15:00	2.4	2.6	2.7	15.2	15.4	16.6
14/06/2012	22:30:00	2.3	2.7	2.7	15.3	15.5	17.4
14/06/2012	22:45:00	2.4	2.4	2.5	15.2	14.5	17.1
14/06/2012	23:00:00	2.6	2.8	3	12.6	11.9	14.3
14/06/2012	23:15:00	2.4	2.6	2.7	11.7	11.7	13.1
14/06/2012	23:30:00	2.8	2.8	2.9	11.6	10.2	13
14/06/2012	23:45:00	2.9	3.1	3.1	9.9	9.4	11.7
		2.36	2.45	2.62	8.12	7.76	8.66

Fecha	Horario	%V L1 (%V THD)	%V L2 (%V THD)	%V L3 (%V THD)	%I L1 (%I THD)	%I L2 (%I THD)	%I L3 (%I THD)
15/06/2012	00:00:00	2.8	3.3	3.2	9.1	9.3	10.9
15/06/2012	00:15:00	2.9	3.2	3.2	9.3	9.3	11.2
15/06/2012	00:30:00	3.1	3.4	3.5	9.4	9.8	11.2
15/06/2012	00:45:00	3.1	3.4	3.3	8.7	8.3	9.9
15/06/2012	01:00:00	2.8	3.5	3.4	7.9	8.3	10.9
15/06/2012	01:15:00	2.8	3.1	3.2	8	8.1	10.5
15/06/2012	01:30:00	4.3	4.5	4.3	10.4	11.6	12.6
15/06/2012	01:45:00	3.7	4	4.1	10.3	10.3	11.9
15/06/2012	02:00:00	3	3.3	3.4	8.6	8.3	10
15/06/2012	02:15:00	3.3	3.7	3.5	8.2	8.7	10.4
15/06/2012	02:30:00	3.3	3.5	3.7	8.5	8.1	10.2
15/06/2012	02:45:00	3.1	3.8	3.7	8.3	8.6	9.6
15/06/2012	03:00:00	3.1	3.3	3.5	7.8	8.2	9.7
15/06/2012	03:15:00	3.1	3.4	3.5	7	7.3	9.7
15/06/2012	03:30:00	3.6	3.8	3.8	6.2	6.3	7.7
15/06/2012	03:45:00	3.9	4.1	4.1	6.6	6.6	8.1
15/06/2012	04:00:00	3.5	4	4	6.2	6.2	7.8
15/06/2012	04:15:00	3.2	3.5	3.7	6.3	6.1	7.7
15/06/2012	04:30:00	3.5	4	4.1	6.3	6.8	8.3
15/06/2012	04:45:00	3.7	4	4	6.4	6.2	7.8
15/06/2012	05:00:00	3.8	4	4.2	5.5	5.6	7.2
15/06/2012	05:15:00	4.4	4.5	4.7	6.2	6	8.4
15/06/2012	05:30:00	3.6	3.8	3.9	5.9	5.2	7
15/06/2012	05:45:00	3.7	4.1	3.8	6.1	6.3	7.8
15/06/2012	06:00:00	3.3	3.7	3.5	6.3	6.4	7.4
15/06/2012	06:15:00	3.1	3.5	3.3	6.1	6.2	7.9
15/06/2012	06:30:00	2.4	2.8	2.7	7.4	6.9	7.8
15/06/2012	06:45:00	3.3	3.9	3.9	6.3	6.3	7.9
15/06/2012	07:00:00	3.9	4.1	4	6.2	5.8	6.8
15/06/2012	07:15:00	4	4.3	3.9	5.4	5.4	6.2
15/06/2012	07:30:00	3.5	3.9	3.9	5.6	5.5	6.4
15/06/2012	07:45:00	3.9	4.5	4.2	6.9	6.2	7.6
15/06/2012	08:00:00	3.3	3.8	3.8	6.1	5.4	7.3
15/06/2012	08:15:00	3.4	3.9	4	6.1	6.4	7.6
15/06/2012	08:30:00	2.9	3.5	3.5	5.8	5.5	7.3
15/06/2012	08:45:00	3.1	3.3	3.2	6	5.7	7.3
15/06/2012	09:00:00	2.4	2.9	2.9	5.8	5.7	7.5
15/06/2012	09:15:00	2.5	3.2	2.9	6.2	5.8	6.9
15/06/2012	09:30:00	2.4	2.9	2.9	5.7	5.6	7
15/06/2012	09:45:00	2.4	3.2	2.9	6.4	5.8	7.2
15/06/2012	10:00:00	2.4	2.6	2.6	5.6	5.3	6.8
15/06/2012	10:15:00	2	2.6	2.4	5.2	4.8	6.4
15/06/2012	10:30:00	2.4	2.7	2.8	5.7	5.6	6.9
15/06/2012	10:45:00	2.6	3.1	3.1	5.6	5.4	6.7
15/06/2012	11:00:00	2.2	3	3	5.2	5.4	6.7
15/06/2012	11:15:00	2.2	2.6	2.6	5.7	5.1	6.7
15/06/2012	11:30:00	2.4	2.8	2.9	5.5	5.3	7.1
15/06/2012	11:45:00	2.2	2.6	2.5	5.7	5.5	7.3
15/06/2012	12:00:00	2.2	2.8	2.8	5.7	6	7.4
15/06/2012	12:15:00	2.4	3	2.7	6.2	6.3	7.4
15/06/2012	12:30:00	2.6	3.2	3	6.8	6.5	8.1
15/06/2012	12:45:00	2.5	3.2	3.1	7.2	6.5	8.9
15/06/2012	13:00:00	2.5	2.9	2.9	6.4	6	7.8
15/06/2012	13:15:00	2.3	3.1	3	6.9	6.9	8.8
15/06/2012	13:30:00	2.7	3.3	3.2	7.6	7.5	8.6
15/06/2012	13:45:00	2.4	3	3.1	7.6	7.8	9.2
15/06/2012	14:00:00	2.6	3.1	3	7.1	7.4	9
15/06/2012	14:15:00	2.4	2.8	2.6	7.1	6.6	8.1
15/06/2012	14:30:00	2.9	3.2	3.1	6.9	6.7	8
15/06/2012	14:45:00	2.7	2.9	3.2	6.3	6.1	8.1
15/06/2012	15:00:00	2.5	3.2	3	6	5.9	7.4
15/06/2012	15:15:00	2.7	3.4	3.4	5.8	6.1	8
15/06/2012	15:30:00	2.5	2.8	2.9	6	5.8	7.2
15/06/2012	15:45:00	2.3	2.8	2.8	6.4	6.3	7.8
15/06/2012	16:00:00	2.4	2.9	2.8	6.7	6.5	7.8
15/06/2012	16:15:00	2.4	3.2	3	7.1	7.1	8.1
15/06/2012	16:30:00	2.7	3.3	3.1	7.2	7.1	8.5
15/06/2012	16:45:00	2.4	3	3.1	7	6.4	8.1
15/06/2012	17:00:00	2.6	3.1	3	7.5	7.2	8.6
15/06/2012	17:15:00	2.2	2.6	2.7	9.2	9.3	10.5
15/06/2012	17:30:00	2.3	2.9	2.7	9.3	9.7	10.9
15/06/2012	17:45:00	2.3	2.9	2.7	10.1	10.2	11.8
15/06/2012	18:00:00	2.1	2.5	2.7	11.2	10.7	12.3
15/06/2012	18:15:00	2	2	2.4	13	13.6	14.6
15/06/2012	18:30:00	1.9	2.1	2.2	12.2	13	13.7
15/06/2012	18:45:00	2.3	2.6	2.6	12.4	13.3	13.9
15/06/2012	19:00:00	2.4	2.5	2.4	13.4	13.3	14.6
15/06/2012	19:15:00	2.3	2.5	2.5	13.3	13.3	14.6
15/06/2012	19:30:00	2.4	2.5	2.4	13.8	14.2	15.1
15/06/2012	19:45:00	2.1	2.5	2.3	13.9	13.7	14.1
15/06/2012	20:00:00	2.1	2.6	2.4	13.7	13.9	14.2
15/06/2012	20:15:00	2.3	2.5	2.5	14	14.5	15.1
15/06/2012	20:30:00	2.4	2.7	2.5	14.4	14.9	15.8
15/06/2012	20:45:00	2.1	2.5	2.4	14.8	14.9	15.5
15/06/2012	21:00:00	2.3	2.4	2.4	15.2	14.9	16.7
15/06/2012	21:15:00	2.2	2.5	2.6	14.9	14.8	15.8
15/06/2012	21:30:00	2	2.3	2.4	15.1	14.2	16.4
15/06/2012	21:45:00	1.9	2.4	2.4	14.9	15.1	16.5
15/06/2012	22:00:00	2.2	2.5	2.5	15.2	15.2	16.7
15/06/2012	22:15:00	2.4	2.8	2.8	15.5	15.7	17.5
15/06/2012	22:30:00	2.5	2.8	2.9	14.9	15.3	16.5
15/06/2012	22:45:00	2	2.5	2.7	13.6	14.3	15.8
15/06/2012	23:00:00	2.1	2.6	2.5	13.2	13.6	15.2
15/06/2012	23:15:00	2.2	2.7	2.8	10.7	10.8	12.3
15/06/2012	23:30:00	2.2	2.5	2.7	9.7	9.9	11.9
15/06/2012	23:45:00	2.3	2.7	2.7	8.4	7.5	10.2
		2.75	3.17	3.15	8.60	8.58	10.07

Fecha	Horario	%V L1 (%V THD)	%V L2 (%V THD)	%V L3 (%V THD)	%I L1 (%I THD)	%I L2 (%I THD)	%I L3 (%I THD)
16/06/2012	00:00:00	2.7	3.3	3.3	8.7	9.1	10.5
16/06/2012	00:15:00	2.6	3.1	3	8.1	8	9.7
16/06/2012	00:30:00	3.2	3.4	3.8	6.7	6.3	8.3
16/06/2012	00:45:00	3.2	3.1	3.4	5.9	5.2	7.8
16/06/2012	01:00:00	3.3	3.4	3.7	5.9	6.3	7.8
16/06/2012	01:15:00	3.5	3.8	3.9	4.9	4.9	7.2
16/06/2012	01:30:00	3.2	3.5	3.3	4.3	4.1	5.6
16/06/2012	01:45:00	3.5	3.7	3.7	4.2	4.3	5.6
16/06/2012	02:00:00	3.5	3.9	3.8	4.4	4	5.7
16/06/2012	02:15:00	3.5	3.8	3.8	4.2	4.1	5.1
16/06/2012	02:30:00	3.5	4	4	4	4	5.1
16/06/2012	02:45:00	4.1	4.4	4.2	4	4.3	5.2
16/06/2012	03:00:00	3.5	3.7	4.2	3.5	3.3	4.8
16/06/2012	03:15:00	3.1	3.6	3.7	3.4	3	4.6
16/06/2012	03:30:00	3.5	3.9	4	3.4	3.2	4.6
16/06/2012	03:45:00	3.5	3.8	3.8	2.9	3.2	4.2
16/06/2012	04:00:00	3.5	3.9	4.1	3.4	3.3	4.8
16/06/2012	04:15:00	3.9	4	4.1	3.5	3.5	4.6
16/06/2012	04:30:00	3.7	3.9	4.1	2.9	3.1	4.1
16/06/2012	04:45:00	3.7	4	4	3.5	3.2	4.4
16/06/2012	05:00:00	3.7	4.3	4.3	3.1	2.3	4
16/06/2012	05:15:00	4.1	4.6	4.5	3.3	3.6	4.6
16/06/2012	05:30:00	4.1	4.7	4.3	3.6	4.1	5.5
16/06/2012	05:45:00	3.4	3.9	3.8	3.5	3	4.6
16/06/2012	06:00:00	3.4	3.7	3.6	3.1	3.3	4.4
16/06/2012	06:15:00	4	4.1	4.1	3.4	3.6	4.4
16/06/2012	06:30:00	4.1	4.6	4.4	3.8	4	5.1
16/06/2012	06:45:00	3.2	3.7	3.6	3.1	2.7	3.7
16/06/2012	07:00:00	2.9	3.7	3.4	3.6	3.4	4.6
16/06/2012	07:15:00	3.7	4.1	3.6	3.7	4.1	4.9
16/06/2012	07:30:00	3.5	4.1	3.6	3.6	3.9	4.7
		3.61	3.99	3.97	4.32	4.28	5.67

ANEXO B

CERTIFICADOS DE CALIBRACION DE EQUIPOS ANALIZADORES DE
REDES ELECTRICAS

Certificado de Calibración

Descripción:	Analizador de Redes	Número de Certificado:	UNI-392014
Fabricante:	UNIPOWER	Fecha de Calibración:	20-06-2014
Modelo:	U902	Fecha del Certificado:	03-07-2014
Número de Serie:	26001580	Fecha de Re-Calibra.:	26-06-2015
Exactitud:	0.2% (Sin pinzas)	Tipo de Datos:	Como se encontro
Ciudad:	TARAPOTO	Temperatura:	24.4°C ± 1°C
		Humedad Relativa:	70% ± 5%RH (40% a 80%)

Instrumento de Referencia:	FLUKE 5500A	Número de Serie:	7155004
Fecha de Calibración:	10-05-2014	Número de Certificado:	27528

El instrumento ha sido calibrado acorde con el procedimiento de calibración de Unipower. El instrumento de referencia fue calibrado por Fluke Corporation, USA que mantiene la acreditación A2LA para la ISO/IEC 17025 trazable al Instituto Nacional Estándar y Tecnología (NIST).

Los resultados que se presentan abajo como referencia patrón, lectura registro, error e incertidumbre de medición expandida. La incertidumbre de medición expandida está indicado como la incertidumbre estándar multiplicado por el factor de cobertura $k=2$, para una nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre estándar ha sido determinado acorde con la Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición de INDECOPI, (2001). Lima, Perú.

1. Resultados de Voltajes:

VOLTAJE - FASER					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error	(%)	Incertidumbre (±V)
1	3	2.9838	-0.4403		0.00116
2	30	30.0188	0.0625		0.00174
3	300	300.0216	0.0072		0.01571

VOLTAJE - FASES					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error	(%)	Incertidumbre (±V)
1	3	3.0713	2.3756		0.00813
2	30	30.0188	0.0625		0.00174
3	300	300.0005	0.0002		0.01450

VOLTAJE - FASET					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error	(%)	Incertidumbre (±V)
1	3	3.0200	0.6666		0.00614
2	30	30.0188	0.0625		0.00174
3	300	300.0337	0.0112		0.01348



2. Resultados de Corrientes (Incluido pinzas de Corriente de 30A, exactitud de las pinzas. $\pm 1\%R \pm 5mA$):

CORRIENTE - FASER					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	0.329	0.3304	0.4363	0.00589	
2	2.19	2.2000	0.4544	0.00696	
3	11	11.0347	0.3153	0.00692	

CORRIENTE - FASES					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	0.329	0.3306	0.4822	0.00589	
2	2.19	2.2009	0.4896	0.00698	
3	11	11.0371	0.3372	0.00696	

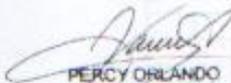
CORRIENTE - FASET					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	0.329	0.3297	0.2157	0.00589	
2	2.19	2.1951	0.2348	0.00697	
3	11	11.0105	0.0695	0.00694	

3. Resultados de Corrientes (Incluido pinzas de Corriente de 500A, exactitud de las pinzas. $\pm 0.5\%R \pm 0.5A$):

CORRIENTE - FASER					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.4567	0.0409	1.46315	
2	109.5	109.7618	0.2391	0.67711	
3	500	499.7147	-0.0571	0.61721	

CORRIENTE - FASES					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.3742	-0.4908	1.46000	
2	109.5	109.1325	-0.3355	0.67726	
3	500	500.1035	0.0207	0.61737	

CORRIENTE - FASET					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.3931	-0.3460	1.46236	
2	109.5	109.3045	-0.1785	0.67712	
3	500	499.5544	-0.0891	0.61723	


 PERCY ORLANDO
 VARGAS ASPARRIN
 INGENIERO ELECTRICISTA
 Reg. CIP N° 138480

Certificado de Calibración

Descripción:	Analizador de Redes	Número de Certificado:	UNI-422014
Fabricante:	UNIPOWER	Fecha de Calibración:	26-06-2014
Modelo:	U902	Fecha del Certificado:	03-07-2014
Número de Serie:	26001567	Fecha de Re-Calibra.:	26-06-2015
Exactitud:	0.2% (Sin pinzas)	Tipo de Datos:	Como se encontró
Cliente:	ELECTRO ORIENTE	Temperatura:	25.2°C ± 1°C
Ciudad:	TARAPOTO	Humedad Relativa:	58% ± 5%RH (40% a 80%)

Instrumento de Referencia:	FLUKE 5500A	Número de Serie:	7155004
Fecha de Calibración:	10-05-2014	Número de Certificado:	27528

El instrumento ha sido calibrado acorde con el procedimiento de calibración de Unipower. El instrumento de referencia fue calibrado por Fluke Corporation, USA que mantiene la acreditación A2LA para la ISO/IEC 17025 trazable al Instituto Nacional Estándar y Tecnología (NIST).

Los resultados que se presentan abajo como referencia patrón, lectura registro, error e incertidumbre de medición expandida. La incertidumbre de medición expandida está indicado como la incertidumbre estándar multiplicado por el factor de cobertura $k=2$, para una nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre estándar ha sido determinado acorde con la Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición de INDECOPI, (2001), Lima, Perú.

1. Resultados de Voltajes:

VOLTAJE - FASER					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (± V)	
1	3	3.0028	0.0948	0.00116	
2	30	29.9955	-0.0152	0.00174	
3	300	299.9678	-0.0141	0.01374	

VOLTAJE - FASES					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (± V)	
1	3	3.0028	0.0948	0.00116	
2	30	29.9955	-0.0152	0.00174	
3	300	299.9875	-0.0042	0.01206	

VOLTAJE - FASET					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (± V)	
1	3	3.0028	0.0948	0.00116	
2	30	29.9955	-0.0152	0.00174	
3	300	299.9743	-0.0086	0.01617	



Certificado de Calibración

2. Resultados de Corrientes (Incluido pinzas de Corriente de 500A, exactitud de las pinzas, $\pm 0.5\%R \pm 0.5A$):

CORRIENTE- FASE R					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.4376	-0.0755	1.46293	
2	109.5	109.3094	-0.0928	0.67711	
3	500	499.1223	-0.1755	0.61714	

CORRIENTE- FASE S					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.4848	0.2112	1.46377	
2	109.5	109.7710	0.2475	0.67718	
3	500	499.3534	-0.1253	0.61714	

CORRIENTE- FASE T					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.4376	-0.0755	1.46293	
2	109.5	109.4243	-0.0992	0.67709	
3	500	500.3840	0.0768	0.61719	


PERCY ORLANDO VARGAS ASPARÁN
 INGENIERO ELECTRICISTA
 Reg. CIP N° 136480

VOLTAJE- FASE R					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm V$)	
1	230	230.000	0.0000	0.11500	
2	380	380.000	0.0000	0.19000	

VOLTAJE- FASE S					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm V$)	
1	230	230.000	0.0000	0.11500	
2	380	380.000	0.0000	0.19000	

VOLTAJE- FASE T					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm V$)	
1	230	230.000	0.0000	0.11500	
2	380	380.000	0.0000	0.19000	

Certificado de Calibración

Descripción:	Analizador de Redes	Número de Certificado:	UNI-372014
Fabricante:	UNIPOWER	Fecha de Calibración:	26-06-2014
Modelo:	U902	Fecha del Certificado:	03-07-2014
Número de Serie:	26001581	Fecha de Re-Calibra.:	26-06-2015
Exactitud:	0.2% (Sin pinzas)	Tipo de Datos:	Como se encontró
Cliente:	ELECTRO ORIENTE	Temperatura:	24.7°C ± 1°C
Ciudad:	TARAPOTO	Humedad Relativa:	70% ± 5%RH (40% a 80%)

Instrumento de Referencia:	FLUKE 5500A	Número de Serie:	7155004
Fecha de Calibración:	10-05-2014	Número de Certificado:	27528

El instrumento ha sido calibrado acorde con el procedimiento de calibración de Unipower. El instrumento de referencia fue calibrado por Fluke Corporation, USA que mantiene la acreditación A21A para la ISO/IEC 17025 trazable al Instituto Nacional Estándar y Tecnología (NIST).

Los resultados que se presentan abajo como referencia patrón, lectura registro, error e incertidumbre de medición expandida. La incertidumbre de medición expandida está indicado como la incertidumbre estándar multiplicado por el factor de cobertura $k=2$, para una nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre estándar ha sido determinado acorde con la **Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición de INDECOPI, (2001), Lima, Perú.**

1. Resultados de Voltajes:

VOLTAJE - FASE R				
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (±V)
1	3	3.0230	0.8570	0.00329
2	30	29.9895	-0.0381	0.00174
3	300	299.9311	-0.0230	0.01568

VOLTAJE - FASE S				
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (±V)
1	3	2.9808	-0.4403	0.00116
2	30	29.9946	-0.0180	0.00823
3	300	300.0970	0.0323	0.01206

VOLTAJE - FASE T				
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (±V)
1	3	3.0139	0.4548	0.00514
2	30	29.9893	-0.0381	0.00174
3	300	300.0216	0.0072	0.01571

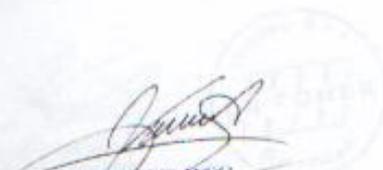


2. Resultados de Corrientes (Incluido pinzas de Corriente de 500A, exactitud de las pinzas, $\pm 0.5\%R \pm 0.5A$):

CORRIENTE- FASER					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error	(%)	Incertidumbre ($\pm A$)
1	16.45	16.4548		0.0292	1.46305
2	109.5	109.3709		-0.1179	0.68202
3	500	498.7103		-0.2579	0.63019

CORRIENTE- FASES					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error	(%)	Incertidumbre ($\pm A$)
1	16.45	16.4554		0.0328	1.46413
2	109.5	109.1278		-0.3300	0.72561
3	500	498.6093		-0.2780	0.65444

CORRIENTE- FASET					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error	(%)	Incertidumbre ($\pm A$)
1	16.45	16.3794		-0.4293	1.46315
2	109.5	109.4216		-0.0716	0.67881
3	500	498.5361		-0.2528	0.62725



HÉRCY ORLANDO
 VARGAS ASPARRIN
 INGENIERO ELECTRICISTA
 Reg. CIP N° 138489

Certificado de Calibración

Descripción:	Analizador de Redes	Número de Certificado:	UNI-382014
Fabricante:	UNIPOWER	Fecha de Calibración:	25-06-2014
Modelo:	U902	Fecha del Certificado:	03-07-2014
Número de Serie:	25003771	Fecha de Re-Calibra.:	26-06-2015
Exactitud:	0.1% (Sin pinzas)	Tipo de Datos:	Como se dejó
Cliente:	ELECTRO ORIENTE	Temperatura:	23.8°C ± 1°C
Ciudad:	TARAPOTO	Humedad Relativa:	68% ± 5%RH (40% a 80%)

Instrumento de Referencia:	FLUKE 5500A	Número de Serie:	7155004
Fecha de Calibración:	10-05-2014	Número de Certificado:	27528

El instrumento ha sido calibrado acorde con el procedimiento de calibración de Unipower. El instrumento de referencia fue calibrado por Fluke Corporation, USA que mantiene la acreditación A2LA para la ISO/IEC 17025 trazable al Instituto Nacional Estandar y Tecnología (NIST).

Los resultados que se presentan abajo como referencia patrón, lectura registro, error e incertidumbre de medición expandida. La incertidumbre de medición expandida está indicado como la incertidumbre estándar multiplicado por el factor de cobertura $k=2$, para una nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre estándar ha sido determinado acorde con la Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición de INDECOPI, (2001), Lima, Perú.

1. Resultados de Voltajes

VOLTAJE - FASER					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (±V)	
1	3	3.0170	0.5663	0.00116	
2	30	30.0190	0.0635	0.00174	
3	300	299.9311	-0.0230	0.01568	

VOLTAJE - FASES					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (±V)	
1	3	2.9838	-0.4364	0.00116	
2	30	30.0190	0.0635	0.00174	
3	300	300.0970	0.0323	0.01205	

VOLTAJE - FASET					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (±V)	
1	3	3.0170	0.5663	0.00116	
2	30	30.0190	0.0635	0.00174	
3	300	300.0216	0.0072	0.01571	



Certificado de Calibración

2. Resultados de Corrientes (Incluido pinzas de Corriente de 500A, exactitud de las pinzas, $\pm 0.5\%R \pm 0.5A$).

Descripción:
 Referencia:
 Modelo:
 Número de Serie:
 Escala(s):
 Clase:
 Cantidad:

CORRIENTE - FASER					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.4068	-0.2628	1.46342	
2	109.5	109.6511	0.1379	0.67709	
3	500	500.4901	0.0980	0.61711	

CORRIENTE - FAGES					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.3853	-0.3824	1.47253	
2	109.5	109.6322	0.1207	0.67720	
3	500	500.3805	0.0721	0.61718	

CORRIENTE - FASET					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.4054	-0.2713	1.46346	
2	109.5	109.3918	-0.0988	0.67709	
3	500	499.2125	-0.1575	0.61714	

Exemplar de:
 Fecha de Calibración:

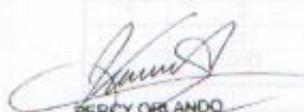
El sistema de:
 Instrumentos de:
 para el ISO/IEC 17025:
 Los resultados de:
 de cualquier otro:
 sistema de gestión:

La conformidad con los requisitos de la Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición (GUM) (JCGM 100:2008) (Versión 2008)

4. Representación visual:

CORRIENTE - FASER					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.4068	-0.2628	1.46342	
2	109.5	109.6511	0.1379	0.67709	
3	500	500.4901	0.0980	0.61711	

CORRIENTE - FAGES					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.3853	-0.3824	1.47253	
2	109.5	109.6322	0.1207	0.67720	
3	500	500.3805	0.0721	0.61718	


PERCY ORLANDO VARGAS ASPARRIN
 INGENIERO ELECTRICISTA
 Reg. CIP N° 138480

CORRIENTE - FASET					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.4054	-0.2713	1.46346	
2	109.5	109.3918	-0.0988	0.67709	
3	500	499.2125	-0.1575	0.61714	

Certificado de Calibración

Descripción:	Analizador de Redes	Número de Certificado:	UNI-412014
Fabricante:	UNIPOWER	Fecha de Calibración:	26-06-2014
Modelo:	U902	Fecha del Certificado:	03-07-2014
Número de Serie:	25003871	Fecha de Re-Calibra.:	26-06-2015
Exactitud:	0,1% (Sin pinzas)	Tipo de Datos:	Como se encontró
Cliente:	ELECTRO ORIENTE	Temperatura:	23,8°C ± 1°C
Ciudad:	TARAPOTO	Humedad Relativa:	68% ± 5%RH (40% a 80%)

Instrumento de Referencia:	FLUKE 5500A	Número de Serie:	7155004
Fecha de Calibración:	10-05-2014	Número de Certificado:	27528

El instrumento ha sido calibrado acorde con el procedimiento de calibración de Unipower. El instrumento de referencia fue calibrado por Fluke Corporation, USA que mantiene la acreditación A2LA para la ISO/IEC 17025 trazable al Instituto Nacional Estándar y Tecnología (NIST).

Los resultados que se presentan abajo como referencia patrón, lectura registro, error e incertidumbre de medición expandida. La incertidumbre de medición expandida está indicado como la incertidumbre estándar multiplicado por el factor de cobertura $k=2$, para una nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre estándar ha sido determinado acorde con la Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición de INDECOPI. (2001). Lima, Perú.

1. Resultados de Voltajes:

VOLTAJE - FASER					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (±V)	
1	3	3,0200	0,6669	0,00614	
2	30	29,9686	-0,0381	0,00174	
3	300	299,8134	-0,0322	0,14532	

VOLTAJE - FASES					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (±V)	
1	3	3,0441	1,4704	0,00614	
2	30	29,9686	-0,0381	0,00174	
3	300	299,8435	-0,0522	0,14531	

VOLTAJE - FASET					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (±V)	
1	3	3,0532	1,7721	0,00613	
2	30	29,9686	-0,0381	0,00174	
3	300	299,8435	-0,0522	0,14531	



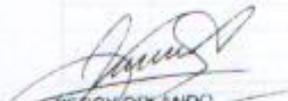
Certificado de Calibración

2. Resultados de Corrientes (Incluido pinzas de Corriente de 2000A, exactitud de las pinzas, $\pm 0.5\%R \pm 0.5A$):

CORRIENTE - FASER					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.4620	0.2553	1.46307	
2	109.5	109.5644	0.0497	0.67708	
3	500	500.1036	0.0207	0.61788	

CORRIENTE - FASES					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.5134	0.3666	1.45667	
2	109.5	109.1773	-0.2947	0.67718	
3	500	499.7830	-0.0434	0.61712	

CORRIENTE - FASET					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.4962	0.2966	1.46233	
2	109.5	109.3658	-0.1226	0.67708	
3	500	499.3870	-0.1226	0.61762	


PEACY ORLANDO VARGAS ASPARRIN
 INGENIERO ELECTRICISTA
 Reg. CIP N° 138480

Certificado de Calibración

Descripción:	Analizador de Redes	Número de Certificado:	UNI-362014
Fabricante:	UNIPOWER	Fecha de Calibración:	26-06-2014
Modelo:	U902	Fecha del Certificado:	03-07-2014
Número de Serie:	25003829	Fecha de Re-Calibra.:	26-06-2015
Exactitud:	0.1% (Sin pinzas)	Tipo de Datos:	Como se encontró
Cliente:	ELECTRO ORIENTE	Temperatura:	23.7°C ± 1°C
Ciudad:	TARAPOTO	Humedad Relativa:	72% + 5%RH (40% a 80%)

Instrumento de Referencia: FLUKE 5500A	Número de Serie: 7155004
Fecha de Calibración: 10-05-2014	Número de Certificado: 27528

El instrumento ha sido calibrado acorde con el procedimiento de calibración de Unipower. El instrumento de referencia fue calibrado por Fluke Corporation, USA que mantiene la acreditación A2LA para la ISO/IEC 17025 trazable al Instituto Nacional Estándar y Tecnología (NIST).

Los resultados que se presentan abajo como referencia patrón, lectura registro, error e incertidumbre de medición expandida. La incertidumbre de medición expandida está indicado como la incertidumbre estándar multiplicado por el factor de cobertura $k=2$, para una nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre estándar ha sido determinado acorde con la **Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición de INDECOPI, (2001), Lima, Perú.**

I. Resultados de Voltajes:

VOLTAJE - FASER					
Ehsayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (±V)	
1	3	3.0170	0.5653	0.00116	
2	30	29.9886	-0.0381	0.00174	
3	300	299.9461	-0.0180	0.01206	

VOLTAJE - FAGES					
Ehsayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (±V)	
1	3	2.9868	-0.4403	0.00116	
2	30	29.9886	-0.0381	0.00174	
3	300	299.9461	-0.0180	0.01206	

VOLTAJE - FASET					
Ehsayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (±V)	
1	3	2.9868	-0.4403	0.00116	
2	30	29.9886	-0.0381	0.00174	
3	300	299.9461	-0.0170	0.01348	

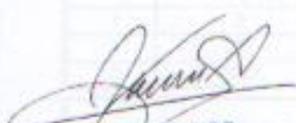


2. Resultados de Corrientes (Incluido pinzas de Corriente de 500A, exactitud de las pinzas, $\pm 0.5\%R \pm 0.5A$).

CORRIENTE - FASER					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.5109	0.3705	1.46296	
2	109.5	109.6372	0.3079	0.67708	
3	500	500.5043	0.1009	0.61716	

CORRIENTE - FASES					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.4049	-0.2743	1.46920	
2	109.5	109.1773	-0.2947	0.67737	
3	500	499.1938	-0.1612	0.61714	

CORRIENTE - FASET					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.3577	-0.5609	1.46293	
2	109.5	109.0405	-0.4196	0.69020	
3	500	500.4572	0.0914	0.61716	


PERCY ORLANDO VARGAS ABARRÓN
 INGENIERO ELECTRICISTA
 Reg. CIP N° 136480



Certificado de Calibración

Descripción:	Analizador de Redes	Número de Certificado:	UNI-402014
Fabricante:	UNIPOWER	Fecha de Calibración:	20-06-2014
Modelo:	U902	Fecha del Certificado:	03-07-2014
Número de Serie:	25003881	Fecha de Re-Calibra.:	26-06-2015
Exactitud:	0.1% (Sin pinzas)	Tipo de Datos:	Como se encontró
Cliente:	ELECTRO ORIENTE	Temperatura:	24.4°C ± 1°C
Ciudad:	TARAPOTO	Humedad Relativa:	70% ± 5%RH (40% a 80%)

Instrumento de Referencia:	FLUKE 5500A	Número de Serie:	7155004
Fecha de Calibración:	10-05-2014	Número de Certificado:	27528

El instrumento ha sido calibrado acorde con el procedimiento de calibración de Unipower. El instrumento de referencia fue calibrado por Fluke Corporation, USA que mantiene la acreditación A2LA para la ISO/IEC 17025 trazable al Instituto Nacional Estándar y Tecnología (NIST).

Los resultados que se presentan abajo como referencia patrón, lectura registro, error e incertidumbre de medición expandida. La incertidumbre de medición expandida está indicado como la incertidumbre estándar multiplicado por el factor de cobertura $k=2$, para una nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre estándar ha sido determinado acorde con la Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición de INDECOPI, (2001), Lima, Perú.

1. Resultados de Voltajes:

VOLTAJE - FASER					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (±V)	
1	3	3.0471	1.5710	0.00116	
2	30	29.9886	-0.0381	0.00174	
3	300	299.9793	-0.0099	0.01348	

VOLTAJE - FASES					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (±V)	
1	3	3.0170	0.5653	0.00116	
2	30	29.9886	-0.0381	0.00174	
3	300	300.0125	0.0042	0.01450	

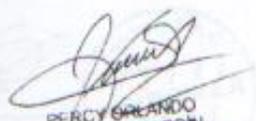
VOLTAJE - FASE T					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (±V)	
1	3	3.0170	0.5653	0.00116	
2	30	29.9886	-0.0381	0.00174	
3	300	300.0387	0.0132	0.01347	

2. Resultados de Corrientes (Incluido pinzas de Corriente de 500A, exactitud de las pinzas, $\pm 0.5\%R \pm 0.5A$)

CORRIENTE - FASER					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.4002	0.2988	1.46253	
2	109.5	109.3572	-0.1304	0.67780	
3	550	551.1425	0.2077	0.61337	

CORRIENTE - FASES					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.4019	-0.2743	1.46473	
2	109.5	109.2573	-0.2125	0.66314	
3	550	548.3329	-0.3031	0.61326	

CORRIENTE - FASET					
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)	
1	16.45	16.4234	-0.1616	1.46293	
2	109.5	109.6487	0.1368	0.67708	
3	550	549.4010	-0.1084	0.61301	


 PERCY ORLANDO
 VARGAS ASPARRIN
 INGENIERO ELECTRICISTA
 Reg. CIP N° 138480

APENDICE A

VALORES DE DISTORSIÓN ARMÓNICA RECOMENDADOS POR LA NORMA IEEE-519- 1992

“RECOMMENDED PRACTICES AND REQUIREMENTS FOR
HARMONIC CONTROL IN ELECTRICAL POWER SYSTEMS -
Prácticas recomendadas y requerimientos para el control de
armónicas en sistemas eléctricos de potencia”

Las normas internacionales referentes al control de armónicas son las siguientes:

- IEC 36.05 (EUROPA).
- DIN 57160 (ALEMANIA).
- G 5/3 (INGLATERRA).
- AS 2279 (AUSTRALIA).

Pero las recomendaciones más utilizadas son las expuestas mediante el Estándar 519 - 1992 del IEEE.

La tendencia en México, impulsada por Comisión Federal de Electricidad, es de implantar la norma estándar IEEE-519-1992, aunque hasta ahora solo ha aparecido una especificación provisional CFE L0000-45 “Perturbaciones permisibles en las formas de onda de tensión y corriente del suministro de energía eléctrica”, la cual se basa en la norma IEEE-519. Esta especificación entro en vigor a partir del 21 de Abril de 1995 y la cual se encuentra en revisión.

Las recomendaciones de la norma IEEE- 519-1992 “IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems, Prácticas Recomendadas y Requerimientos para el control de Armónicas en Sistemas Eléctricos de Potencia” son las siguientes [6]:

Tabla B1. Límites de distorsión de tensión

Tensión del bus	IHD	THD
$\leq 69 \text{ kV}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} < V_{\text{bus}} \leq 161 \text{ kV}$	1.5	2.5
$> 161 \text{ kV}$	1.0	1.5

Tabla B2. Límites de distorsión de corriente para sistemas de 120 V a 69 kV
Máxima corriente de distorsión en % de I_L . Para armónicas impares

I_{cc} / I_L	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
$20 < 50$	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
$50 < 100$	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
$100 < 1000$	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Para armónicas pares se incrementa el límite en 25% de las impares

Tabla B3. Límites de distorsión de corriente para sistemas de 69 001 V a 161 kV
Máxima corriente de distorsión en % de I_L . Para armónicas impares

I_{cc} / I_L	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
$20 < 50$	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
$50 < 100$	5.0	2.25	2.0	0.75	0.35	6.0
$100 < 1000$	6.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5
>1000	7.5	2.5	3.0	1.25	0.7	10.0

Para armónicas pares se incrementa el límite en 25% de las impares

Tabla B4. Límites de distorsión de corriente para sistemas mayores a 161 kV
Máxima corriente de distorsión en % de I_L . Para armónicas impares

I_{cc} / I_L	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<50	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
>50	3.0	1.5	1.15	0.45	0.22	3.75

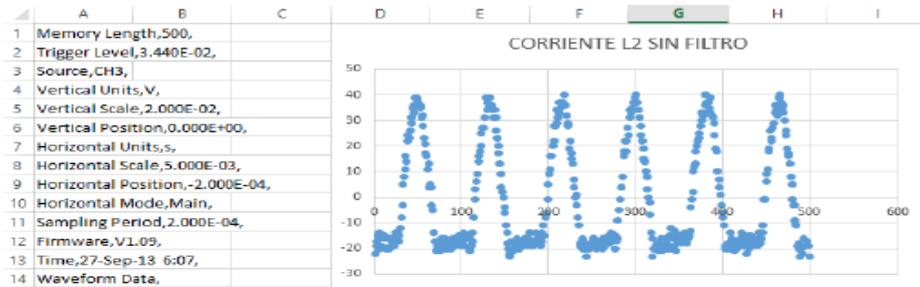
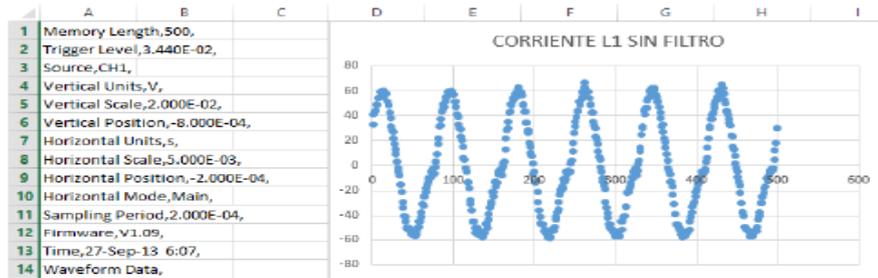
Para armónicas pares se incrementa el límite en 25% de las impares

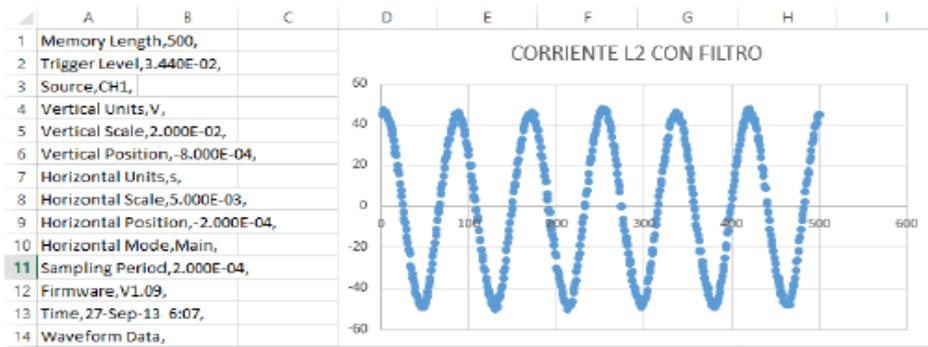
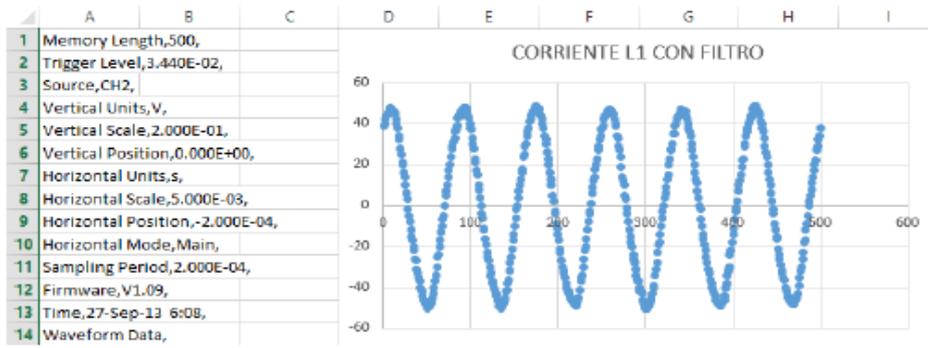
I_{cc} Corriente máxima de corto circuito

I_L Corriente máxima de demanda (fundamental)

APENDICE B

RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO.





APENDICE C

SERIES DE FOURIER

Cualquier forma de onda periódicamente realizable puede ser descompuesta en Series de Fourier de CD, frecuencia fundamental, y términos armónicos. En la forma senoidal, la serie de Fourier es:

$$i(t) = I_{dc} + \sum_{k=1}^{\infty} I_k \sin(k\omega_0 t + \theta_k - 90^\circ) \quad (A1)$$

Donde I_{dc} es el valor promedio de CD, I_k son las magnitudes pico de las armónicas individuales, ω_0 es la frecuencia fundamental (en radianes por segundo), y θ_k son los ángulos de fase de las armónicas. El periodo de tiempo de las formas de onda es:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{2\pi f_0} = \frac{1}{f_0}$$

Los términos de *seno* en (A1) pueden ser remplazados por *cosenos* si se restan 90° de cada θ_k .

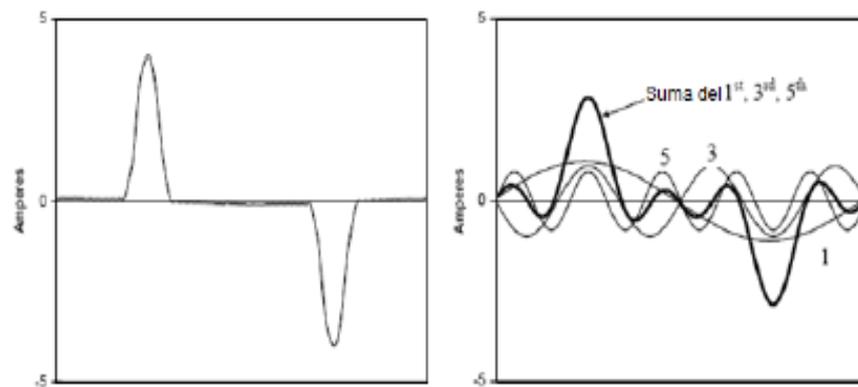


Figura A1 Forma de onda de corriente de una computadora, y sus componentes armónicos de orden 1, 3, 5.

La figura A1 muestra la forma de onda de una computadora de escritorio. La figura muestra como la forma de onda actual puede ser aproximada mediante la suma de la frecuencia fundamental, y las componentes armónicas de orden 3 y 5. Si los términos

de orden mayor son incluidos (como componentes de orden 7, 9, 11 y así sucesivamente), entonces la forma de onda puede ser reconstruida perfectamente. Una serie de Fourier truncada es de hecho una *aproximación de una curva de error de mínimos-cuadrados*. Mientras sean sumados términos de mayor orden, el error se reduce.

Afortunadamente, una propiedad especial conocida como *simetría de media onda* existe para la mayoría de las cargas electrónicas. La simetría de media onda existe cuando las mitades positivas y negativas de una forma de onda son idénticas pero opuestas, lo que es:

$$i(t) = -i\left(t \pm \frac{T}{2}\right),$$

Donde T es el periodo. Las formas de onda con simetría de media onda no tienen armónicas de orden par. Es obvio que la forma de onda de corriente de la televisión tiene simetría de media onda.

COEFICIENTES DE FOURIER

Si una función $i(t)$ es periódica con un periodo T (esto es, $i(t) = i(t \pm NT)$), entonces $i(t)$ puede ser escrita en su forma rectangular como:

$$i(t) = I_{dk} + \sum_{k=1}^{\infty} [a_k \cos(k\omega_0 t) + b_k \sin(k\omega_0 t)], \quad \omega_0 = \frac{2\pi}{T}, \quad (A2)$$

Donde:

$$I_{dk} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} i(t) dt,$$

$$a_k = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} i(t) \cos(k\omega_0 t) dt,$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} i(t) \sin(k\omega_0 t) dt.$$

Los términos de seno y coseno en (A2) pueden ser convertidos en la forma polar, convirtiéndose en (A1) utilizando identidades trigonométricas como sigue:

$$\begin{aligned} & a_k \cos(k\omega_0 t) + b_k \sin(k\omega_0 t) \\ &= \sqrt{a_k^2 + b_k^2} \cdot \frac{a_k \cos(k\omega_0 t) + b_k \sin(k\omega_0 t)}{\sqrt{a_k^2 + b_k^2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{a_k^2 + b_k^2} \cdot \left[\frac{a_k}{\sqrt{a_k^2 + b_k^2}} \cos(k\omega_0 t) + \frac{b_k}{\sqrt{a_k^2 + b_k^2}} \sin(k\omega_0 t) \right] \\
&= \sqrt{a_k^2 + b_k^2} \cdot [\sin(\theta_k) \cos(k\omega_0 t) + \cos(\theta_k) \sin(k\omega_0 t)] \tag{A3}
\end{aligned}$$

Donde:

$$\sin(\theta_k) = \frac{a_k}{\sqrt{a_k^2 + b_k^2}}, \cos(\theta_k) = \frac{b_k}{\sqrt{a_k^2 + b_k^2}}$$

Aplicando la identidad trigonométrica

$$\sin(A + B) = \sin(A) \cos(B) + \cos(A) \sin(B)$$

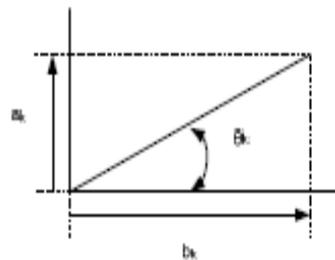


Figura A2 Forma polar

La ecuación (A3) produce en su forma polar:

$$\sqrt{a_k^2 + b_k^2} \cdot \sin(k\omega_0 t + \theta_k), \tag{A4}$$

Donde:

$$\tan(\theta_k) = \frac{\sin(\theta_k)}{\cos(\theta_k)} = \frac{a_k}{b_k} \tag{A5}$$

TRASLADO DE FASE

Hay dos tipos de traslado de fase pertinentes para armónicas. El primero es un traslado de tiempo, esto es $\pm T/3$ entre las fases de corrientes a - b - c. Si la forma de onda de la computadora en la figura A3 es retrasada por ΔT segundos, la corriente modificada es:

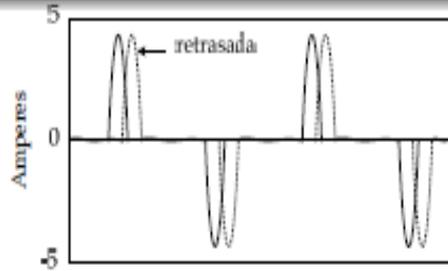


Figura A3 Forma de onda de la corriente de una PC retrasada en el tiempo

$$\begin{aligned}
 i(t - \Delta T) &= \sum_{k=1}^{\infty} I_k \sin(k\omega_0(t - \Delta T) + \theta_k) = \sum_{k=1}^{\infty} I_k \sin(k\omega_0 t - k\omega_0 \Delta T + \theta_k) \\
 &= \sum_{k=1}^{\infty} I_k \sin(k\omega_0 t + (\theta_k - k\omega_0 \Delta T)) = \sum_{k=1}^{\infty} I_k \sin(k\omega_0 t + \theta_k - k\theta_0)
 \end{aligned} \tag{A6}$$

Donde θ_0 es el retraso de fase de la corriente fundamental correspondiente a ΔT . El último término en (A6) muestra que las armónicas individuales son retrasadas por $k\theta_0$.

El segundo tipo de traslado de fase es en el ángulo de la armónica, el cual ocurre en transformadores delta estrella. Las conexiones Delta - estrella en transformadores trasladan corrientes y tensiones en $\pm 30^\circ$. Los estándares ANSI requieren que sin importar en cual lado de la delta o la estrella las fases a - b - c sean marcadas para que en los lados de alta las corrientes y tensiones adelanten a estos en el lado de baja por 30° para secuencia positiva, y retrasen por 30° para secuencia negativa. Las secuencias cero son bloqueadas por la conexión a tres hilos para que sus traslados de fase no sean significativos.

SIMPLIFICACIONES DE SIMETRÍA

La simetría de las formas de onda simplifica grandemente el esfuerzo en el desarrollo de los coeficientes de Fourier. Los argumentos de simetría deben de ser aplicados a la forma de onda después de que el componente de CD ha sido removido.

- *Simetría Impar*

$$i(t) = -i(-t)$$

Entonces la correspondiente serie de Fourier no tiene términos de coseno.

$$a_k = 0$$

Y b_k se puede encontrar integrando sobre la primera mitad del periodo y duplicando los resultados.

$$b_k = \frac{4}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} i(t) \sin(k\omega_0 t) dt$$

- *Simetría Par*

$$i(t) = i(-t)$$

Entonces la correspondiente serie de Fourier no tiene términos de seno.

$$b_k = 0$$

y a_k se puede encontrar integrando sobre la primera mitad del periodo y duplicando los resultados.

$$a_k = \frac{4}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} i(t) \cos(k\omega_0 t) dt$$

NOTA: La simetría par e impar puede algunas veces ser obtenida por medio del traslado de tiempo de la forma de onda. En este caso, resolver por los coeficientes de *Fourier* usando las formas de onda desplazadas en tiempo, y después regresar los coeficientes de los desplazamientos de ángulo de los coeficientes de *Fourier*.

- *Simetría de Media Onda*

$$i\left(t \pm \frac{T}{2}\right) = -i(t)$$

Entonces la correspondiente serie de Fourier no tiene armónicas pares, y a_k y b_k se pueden encontrar integrando sobre cualquier mitad del periodo y duplicando sus resultados.

$$a_k = \frac{4}{T} \int_{t_0}^{t_0 + \frac{T}{2}} i(t) \cos(k\omega_0 t) dt, \quad k \rightarrow \text{impar}$$

$$b_k = \frac{4}{T} \int_{t_0}^{t_0 + \frac{T}{2}} i(t) \sin(k\omega_0 t) dt, \quad k \rightarrow \text{impar}$$

Simetría de media onda es común en sistemas de energía.

APENDICE D

GLOSARIO

ARMÓNICA

Este concepto proviene del teorema de Fourier y define que bajo ciertas condiciones analíticas, una función periódica cualquiera puede considerarse integrada por una suma de funciones senoidales, incluyendo un término constante en caso de asimetría respecto al eje de las abscisas, siendo la primera armónica denominada también señal fundamental del mismo período y frecuencia que la función original y el resto serán funciones senoidales cuyas frecuencias son múltiplos de la fundamental.

Aquí es importante retomar la definición de armónica de la manera en que es utilizada en redes eléctricas. De esta manera una armónica esta definida como una frecuencia múltiplo de la frecuencia fundamental (en este caso 60 Hz). Y como en los sistemas eléctricos se tienen señales periódicas, por ejemplo la tensión, entonces se puede representar por:

$$v(t) = V_1 \cos(\omega t + \theta_1) + V_2 \cos(2\omega t + \theta_2) + V_3 \cos(3\omega t + \theta_3) + \dots$$

Que en forma compacta es:

$$v(t) = \sum_{n=1}^h V_n \cos(n\omega t + \theta_n)$$

Donde a:

V_n se le define como la armónica de orden n y a θ_n como el ángulo de la armónica n

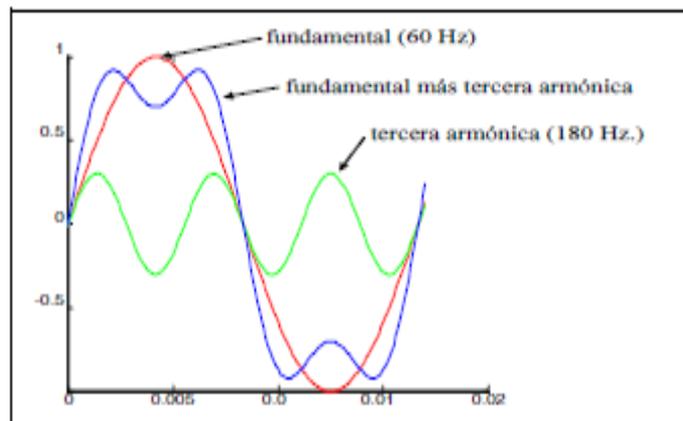


Figura E1 Forma de onda fundamental más tercera armónica

CAPACITANCIA

Se define como la razón entre la magnitud de la carga de cualquiera de los conductores y la magnitud de la diferencia de potencial entre ellos.

La capacitancia siempre es una cantidad positiva y puesto que la diferencia de potencial aumenta a medida que la carga almacenada se incrementa, la proporción Q/V es constante para un capacitor dado. En consecuencia la capacitancia de un dispositivo es una medida de su capacidad para almacenar carga y energía potencial eléctrica.

La capacitancia tiene la unidad del SI coulomb por volt. La unidad de capacitancia del SI es el farad (F), en honor a Michael Faraday.

$$\text{Capacitancia} = 1\text{F} = 1\text{ C}$$

El farad es una unidad de capacitancia muy grande. En la práctica los dispositivos comunes tienen capacitancia que varían de microfarads a picofarads.

La capacitancia de un dispositivo depende entre otras cosas del arreglo geométrico de los conductores.

INDUCTANCIA

La inductancia se define como la oposición de un elemento conductor (una bobina) a cambios en la corriente que circula a través de ella.

También se puede definir como la relación que hay entre el flujo magnético (Φ_b) y la corriente que fluye a través de una bobina.

El valor de la inductancia viene dado exclusivamente por las características de la bobina y por la permeabilidad magnética (μ) del medio en el que se localiza. Se mide en Henrys (L) y matemáticamente se define así:

$$L = \frac{\Phi_b}{i}$$

POTENCIA ACTIVA

Los diferentes dispositivos eléctricos convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. A la energía

consumida por dichos dispositivos, que es capaz de producir trabajo útil, se le conoce como potencia activa y es similar a la energía consumida por una resistencia eléctrica; su símbolo es P y sus unidades son los Watts (W).

POTENCIA REACTIVA

Además de utilizar potencia activa para producir un trabajo, los motores, transformadores y demás equipos similares requieren un suministro de potencia reactiva para generar el campo magnético necesario para su funcionamiento. La potencia reactiva no produce por si misma ningún trabajo; se simboliza con la letra Q y sus unidades son los volts-ampers reactivos (VAR).

POTENCIA APARENTE

La potencia total o aparente es la suma geométrica de las potencias activa y reactiva, o bien, el producto de la corriente y la tensión; su símbolo es S y sus unidades se expresan en volts-ampers (VA).

FACTOR DE POTENCIA (FP)

El factor de potencia ($\cos \phi$) es la relación entre la potencia activa (en kilowatts, kW), y la potencia aparente (en kilovolts-ampers, kVA) y describe la relación entre la potencia de trabajo o real y la potencia total consumida.

El FP está definido por la siguiente ecuación:

$$FP = \frac{P}{S} = \cos \phi$$

El factor de potencia expresado en términos generales, es el defasamiento de la corriente con relación a la tensión y es utilizado como indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, el cual puede tomar valores entre 0 y 1.0 siendo la unidad (1.0) el valor máximo de FP y por tanto el mejor aprovechamiento de energía.

IMPEDANCIA

La impedancia es la oposición que presenta un circuito al paso de la corriente alterna. Es un valor vectorial compuesto en su parte real por un valor de resistencia y en su parte imaginaria por un valor de reactancia y se calcula de la siguiente manera:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Donde: Z = Impedancia medida en Ohms (Ω)
 R = Resistencia medida en Ohms (Ω)
 X = Reactancia total medida en Ohms (Ω)

REACTANCIA

Se denomina Reactancia a la impedancia ofrecida, al paso de la corriente alterna, por un circuito en el que solo existen inductores (bobinas) o capacidades (condensadores) puras, esto es sin resistencias. No obstante esto representaría una condición ideal puesto que no existen en la realidad bobinas ni condensadores que no contengan una parte resistiva, con lo cual los circuitos en general estarán formados por una composición R-L-C (resistencia, inductancia y capacitancia).

En el análisis de circuitos R-L-C, la reactancia representada como (X) es la parte imaginaria del número complejo que define el valor de la impedancia, mientras que la resistencia (R) es la parte real de dicho valor.

Dependiendo del valor de la reactancia se puede decir que el circuito presenta reactancia capacitiva cuando $X < 0$, reactancia inductiva cuando $X > 0$ o es puramente resistivo cuando $X = 0$. Como la impedancia que es en realidad la reactancia también se mide en ohms. Vectorialmente la reactancia inductiva y la capacitiva son opuestas.

REACTANCIA INDUCTIVA.

El estudio de la inductancia muestra que un cambio en el campo magnético induce una tensión en tal sentido que se opone a cualquier cambio en la intensidad de la corriente. Esto da lugar a que la intensidad sea más baja que si no estuviera presente la inductancia y la inductancia debe por tanto introducir una oposición al flujo de la corriente. La oposición se llama reactancia inductiva y se expresa en ohms; sobre los valores de la reactancia inductiva influyen dos valores:

- a) La inductancia del circuito.
- b) La velocidad a que cambia la corriente.

$$X_L = 2\pi fL$$

REACTANCIA CAPACITIVA

La capacitancia ofrece una oposición al flujo de corriente alterna que retarda los cambios de tensión exactamente como la inductancia retarda los cambios de intensidad. Cuando se conecta un condensador a una fuente de corriente alterna la oposición se presenta permanentemente a ésta. La oposición que un capacitor

ofrece al flujo de corriente alterna se llama reactancia capacitiva. Se expresa en ohms y su símbolo es:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

Donde:

- X_c = Reactancia capacitiva.
- f = Frecuencia en cps o Hz.
- C = Capacitancia, Farads.

VALORES DE DISTORSIÓN

Los valores de distorsión están definidos en % de cantidades eléctricas, estos valores son muy utilizados para conocer el grado de contaminación de las redes eléctricas.

Distorsión armónica total

Para la tensión

$$THD_v = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots}}{V_1} \times 100$$

Para la corriente

$$THD_i = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots}}{I_1} \times 100$$

Para armónicas individuales

$$IHD_n = \frac{V_n}{V_1} \times 100$$

Distorsión total de demanda

$$TDD = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots}}{I_{dem-nom}} \times 100$$

Interferencia telefónica

$$I.T. = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} (I_h TIF_h)^2}$$

El TIF es una medición de la sensibilidad entre el sistema telefónico y el oído humano a varias frecuencias, este TIF se obtiene de una curva llamada C-message obtenida en los laboratorios Bell.

Factor K

En la gran mayoría de los casos cuando un transformador alimenta cargas no lineales, este transformador se sobrecalienta aun cuando no ha alcanzado sus kVA nominales.

Se estima que el calentamiento de los transformadores debido a las armónicas es directamente proporcional al cuadrado de la armónica multiplicado por las pérdidas que esta produce, de esta manera aparece el factor K el cual es aplicado a transformadores.

Este factor K viene especificado en los datos de placa de algunos transformadores, indicando la capacidad del transformador para alimentar cargas no lineales sin exceder la temperatura de operación a la cual están diseñados, esto es:

$$Factor\ K = \sum_{h=1}^{\infty} \left(\frac{I_h}{I_{max}} \right)^2 h^2$$

(A8)

Donde la corriente de la expresión (A8) es la corriente de la carga no lineal la cual será o es alimentada por el transformador.

Los factores K más comunes de transformadores son de 4 y 13, los cuales son utilizados para alimentar cargas que utilizan rectificación principalmente.

SECUENCIA DE FASE

En un sistema balanceado de tres fases, las corrientes en las fases a - b - c se desplazan en el tiempo por $\pm 120^\circ$ de la fundamental. De esto que:

$$i_a(t) = \sum_{k=1}^{\infty} I_k \sin(k\omega_0 t + \theta_k)$$

Entonces las corrientes en las fases b y c se retrasan y adelantan por $\frac{2\pi}{3}$ radianes, respectivamente. Esto es:

$$i_a(t) = \sum_{k=1}^{\infty} I_k \sin(k\omega_0 t + \theta_k - k\frac{2\pi}{3})$$

$$i_b(t) = \sum_{k=1}^{\infty} I_k \sin(k\omega_0 t + \theta_k + k\frac{2\pi}{3})$$

Tomando las tres primeras armónicas muestran un importante patrón. Expandiendo las series de antes

$$i_a(t) = I_1 \sin(\omega_0 t + \theta_1) + I_2 \sin(2\omega_0 t + \theta_2) + I_3 \sin(3\omega_0 t + \theta_3)$$

$$\begin{aligned} i_b &= I_1 \sin\left(\omega_0 t + \theta_1 - \frac{2\pi}{3}\right) + I_2 \sin\left(2\omega_0 t + \theta_2 - \frac{4\pi}{3}\right) + I_3 \sin\left(3\omega_0 t + \theta_3 - \frac{6\pi}{3}\right) \\ &= I_1 \sin\left(\omega_0 t + \theta_1 - \frac{2\pi}{3}\right) + I_2 \sin\left(2\omega_0 t + \theta_2 + \frac{2\pi}{3}\right) + I_3 \sin(3\omega_0 t + \theta_3 - 0) \end{aligned}$$

Note que la primera armónica de $i_b(t)$ es de secuencia positiva debido a que las corrientes están balanceadas. La segunda armónica de $i_b(t)$ adelanta a la primera armónica de $i_a(t)$ por 120° y es en consecuencia de secuencia negativa. La tercera armónica de $i_b(t)$ esta en fase con la primera armónica de $i_a(t)$ y es de secuencia cero. Ahora para la fase c,

$$\begin{aligned} i_c &= I_1 \sin\left(\omega_0 t + \theta_1 + \frac{2\pi}{3}\right) + I_2 \sin\left(2\omega_0 t + \theta_2 + \frac{4\pi}{3}\right) + I_3 \sin\left(3\omega_0 t + \theta_3 + \frac{6\pi}{3}\right) \\ &= I_1 \sin\left(\omega_0 t + \theta_1 + \frac{2\pi}{3}\right) + I_2 \sin\left(2\omega_0 t + \theta_2 - \frac{2\pi}{3}\right) + I_3 \sin(3\omega_0 t + \theta_3 - 0) \end{aligned}$$

Note que la primera armónica de $i_c(t)$ es de secuencia negativa debido a que las corrientes están balanceadas. La segunda armónica de $i_c(t)$ retrasa a la primera armónica de $i_a(t)$ por 120° y es en consecuencia de secuencia positiva. La tercera armónica de $i_c(t)$ esta en fase con la primera armónica de $i_a(t)$ y es de secuencia cero. El patrón de secuencias desarrollado se muestra en la tabla E1.

Tabla E1 Secuencia de fases en un sistema balanceado trifásico

ARMÓNICA	SECUENCIA DE FASES
1	+
2	-
3	0