



REPÚBLICA DEL ECUADOR

**Escuela Politécnica Nacional**

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

***Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.***

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

### **ANÁLISIS DE ARMÓNICOS EN LAS UNIDADES DE GENERACIÓN DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2 DE ELEPCO S.A.**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

**GABRIELA VANESSA NAVARRO MÉNDEZ**  
gvm87@hotmail.com

**DIRECTOR: DR. JESÚS AMADO JÁTIVA IBARRA**  
jjativa@yahoo.com

**Quito, octubre de 2013**

## DECLARACIÓN

Yo, Gabriela Vanessa Navarro Méndez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Gabriela Vanessa Navarro Méndez

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Gabriela Vanessa Navarro Méndez, bajo mi supervisión.

---

Dr. Jesús Játiva Ibarra  
DIRECTOR DEL PROYECTO

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios que me permite continuar día a día luchando por un futuro mejor.

A mis padres, Julio y Jeanett, que con esfuerzo y apoyo supieron darme los estudios y hacer realidad mis anhelos a pesar de las dificultades.

A mis hermanas, Verónica y Catalina, su ejemplo fue uno de los pilares que me llevaron a salir adelante.

A mi esposo, Marco, que con su paciencia y ayuda se ha convertido en el compañero ideal de vida.

*Gaby*

## DEDICATORIA

A Santiago, mi hijo que con su ternura e inocencia llena mi vida de alegría y me da aliento a cumplir mis metas

*Gaby*

# CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>XII</b>
<b>PRESENTACIÓN .....</b>	<b>XIII</b>
<b>CAPÍTULO 1_ INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 OBJETIVOS .....	2
1.1.1 OBJETIVO GENERAL .....	2
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.2 ALCANCE .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	4
1.4 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE POTENCIA DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI ELEPCO S.A. ....	5
1.4.1 ÁREA DE CONCESIÓN .....	5
1.4.2 FUENTES DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	5
1.4.2.1 Generación Local .....	6
1.4.2.2 Nodos de conexión con el S.N.I. ....	6
1.4.2.3 Transmisión de Energía Eléctrica.....	7
1.4.2.4 Subtransmisión de Energía Eléctrica .....	7
1.4.2.5 Distribución de Energía Eléctrica .....	8
1.5 CENTRALES DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICAS ILLUCHI 1 Y 2 [7] .....	9
1.5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 1 .....	9
1.5.1.1 Tipo de Central .....	10
1.5.1.2 Generación .....	10
1.5.1.3 Transformación .....	11
1.5.1.4 Trasmisión .....	11
1.5.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 2 .....	12
1.5.2.1 Tipo de Central .....	12
1.5.2.2 Generación .....	13
1.5.2.3 Transformación .....	13
1.5.2.4 Transmisión .....	14
1.6 CARGAS LINEALES Y NO LINEALES.....	14
1.6.1 PLANTA INDUSTRIAL NOVACERO S.A – PLANTA LASSO .....	15
1.6.1.1 Conexión del Sistema Novacero al S.N.I [10].....	15
1.6.1.2 Descripción del Proceso de Producción [11] [12].....	16
1.6.1.3 Principales cargas de Novacero.....	17
1.6.2 FÁBRICA CEDAL [14] [15] .....	17
1.6.2.1 Conexión del Sistema Cedal al ELEPCO S.A. ....	18

1.6.2.2	Descripción del Proceso de Producción .....	18
1.6.2.3	Principales cargas de CEDAL.....	19

## **CAPÍTULO 2 CAUSAS Y EFECTOS ARMÓNICOS EN UN SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA [20] [21]**

2.1	DEFINICIÓN DE ARMÓNICOS .....	20
2.2	CAUSAS DE LOS ARMÓNICOS .....	22
2.3	FUENTES PRINCIPALES DE ARMÓNICOS [23] .....	24
2.3.1	<i>DISPOSITIVOS DEL TIPO ELECTRÓNICA DE POTENCIA</i> .....	24
2.3.2	<i>CONVERTIDORES [24]</i> .....	24
2.3.3	<i>COMPENSADORES ESTÁTICOS DE VARES</i> .....	29
2.3.4	<i>INVERSORES PARA GENERACIÓN DISTRIBUIDA</i> .....	30
2.3.5	<i>CONTROLADORES ELECTRÓNICOS DE FASE</i> .....	31
2.3.6	<i>CICLOCONVERTIDORES</i> .....	31
2.3.7	<i>FUENTES CONMUTADAS DE ALIMENTACIÓN</i> .....	31
2.3.8	<i>VARIADOR DE MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO (PWM)</i> .....	32
2.3.9	<i>DISPOSITIVOS DEL TIPO DE ARCO [25]</i> .....	33
2.3.9.1	Hornos de Arco.....	33
2.3.9.2	Lámparas Fluorescentes.....	34
2.3.10	<i>DISPOSITIVOS FERROMAGNÉTICOS (TRANSFORMADORES)</i> .....	35
2.4	EFFECTOS ARMÓNICOS [23].....	36
2.4.1	<i>MOTORES Y GENERADORES</i> .....	36
2.4.2	<i>TRANSFORMADORES</i> .....	37
2.4.3	<i>CONDUCTORES DE POTENCIA</i> .....	38
2.4.4	<i>CAPACITORES</i> .....	39
2.4.5	<i>EQUIPO ELECTRÓNICO</i> .....	39
2.4.6	<i>MEDIDORES</i> .....	40
2.4.7	<i>EQUIPO ELÉCTRICO DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN</i> .....	41
2.4.8	<i>INTERFERENCIA TELEFÓNICA</i> .....	42
2.4.9	<i>CONVERTIDORES ESTÁTICOS DE POTENCIA</i> .....	43

## **CAPÍTULO 3 MEDICIÓN DE DISTORSIÓN ARMÓNICA EN LAS CENTRALES DE GENERACIÓN ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2 DE ELEPCO S.A.**

3.1	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO POWER EXPLORER (PX5) [26] [27] [28] .....	44
3.1.1	<i>PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS</i> .....	45
3.2	MONTAJE DE EQUIPO .....	46
3.2.1	<i>CONFIGURACIÓN PRINCIPAL DEL EQUIPO</i> .....	46
3.2.2	<i>CONFIGURACIÓN DEL MONITOREO</i> .....	47



3.2.2.1	Selección de las Pinzas de Corriente .....	47
3.2.2.2	Selección del Factor de Escala.....	48
3.2.2.3	Selección del Tipo de Circuito .....	49
3.2.2.3.1	Central de Generación Illuchi 1 .....	50
3.2.2.3.2	Central de Generación Illuchi 2 .....	50
3.2.2.4	Valores Nominales .....	51
3.2.2.5	Selección del Modo de Operación.....	52
3.2.2.6	Selección del Modo de Monitorización.....	52
3.2.2.7	Opciones Avanzadas.....	53
3.2.2.8	Tarjeta de Memoria .....	54
3.2.3	<i>TIEMPOS DE MONITOREO</i> .....	54
3.3	RESULTADOS OBTENIDOS .....	54
3.3.1	<i>RESULTADOS CENTRAL HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 1</i> .....	55
3.3.2	<i>RESULTADOS CENTRAL HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 2</i> .....	55
3.4	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	57
3.4.1	<i>NORMA IEEE Std. 519-1992 [23]</i> .....	57
3.4.1.1	Límites de Corriente .....	58
3.4.1.2	Límites de Voltaje.....	59
3.4.2	<i>ANÁLISIS RESULTADOS DE DISTORSIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJE Y CORRIENTE DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN ILLUCHI 1</i> .....	60
3.4.3	<i>ANÁLISIS RESULTADOS DE DISTORSIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJE Y CORRIENTE DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN ILLUCHI 2</i> .....	64
3.5	MEDICIONES EN LA SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN EL CALVARIO.....	64
3.5.1	<i>ANÁLISIS DE MEDICIONES DE DISTORSIÓN ARMÓNICA EN LA SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN EL CALVARIO</i> .....	66

## **CAPÍTULO 4 MODELACIÓN Y SIMULACIÓN EN POWER FACTORY DE DIGSILENT DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ELEPCO S.A.**

4.1	SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE SISTEMAS DE POTENCIA POWER FACTORY DE DIGSILENT [29].....	67
4.1.1	<i>LENGUAJE DE SIMULACIÓN [30]</i> .....	69
4.1.2	<i>MÓDULO DE ANÁLISIS DE ARMÓNICOS [31]</i> .....	69
4.1.2.1	Flujo de Potencia Armónico .....	70
4.1.2.2	Barrido de Frecuencias.....	71
4.2	DESCRIPCIÓN DEL EQUIVALENTE DE RED MULALÓ .....	72
4.3	DESCRIPCIÓN DE LA CARGA NO LINEAL DENTRO DE LA SIMULACIÓN .....	73
4.3.1.1	Sistema NOVACERO en Power Factory.....	73
4.3.1.2	Sistema CEDAL en Power Factory.....	75
4.3.2	<i>CORRIDA DEL FLUJO DE POTENCIA DE ARMÓNICOS EN LA ZONA ORIENTAL DE ELEPCO S.A.</i> 79	

4.4	ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN .....	79
4.4.1	ANÁLISIS CASO NOVACERO.....	79
4.4.1.1	Filtros de Armónicos instalados en las barras de NOVACERO.....	79
4.4.1.2	Transformadores con Conexión en Delta .....	81
4.4.1.3	Caminos de Menor Impedancia .....	81
4.4.1.4	Cargabilidad en Líneas de Subtransmisión.....	81
4.4.2	ANÁLISIS CASO NOVACERO – CEDAL .....	84
<b>CAPÍTULO 5 ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN DE DISTORSIÓN ARMÓNICA EN LAS UNIDADES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE LAS CENTRALES ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2</b>		
5.1	USO DE FILTROS PARA MITIGACIÓN DE ARMÓNICOS [33] .....	88
5.1.1	FILTROS PASIVOS .....	89
5.1.1.1	Filtros Pasivos Serie.....	89
5.1.1.2	Filtros Pasivos Paralelo – Antiresonante .....	89
5.1.1.3	Filtros Pasivos Paralelo – Resonante.....	91
5.1.1.4	Filtros Pasivos Paralelo – con Amortiguamiento.....	92
5.1.2	FILTROS ACTIVOS .....	93
5.1.2.1	Filtros Activos Serie .....	93
5.1.2.2	Filtros Activos Paralelo .....	94
5.1.2.3	Filtros Activos Combinados .....	95
5.1.2.4	Filtros Híbridos .....	95
5.1.2.5	Filtros Híbridos Serie – Paralelo .....	96
5.1.2.6	Filtros Híbridos Paralelo –Serie .....	96
5.2	MITIGACIÓN ARMÓNICA EN LAS CENTRALES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2 ....	97
5.2.1	DISEÑO DE FILTROS PASIVOS [34] [35] .....	97
5.2.1.1	Diseño de Filtros en la Barra de 13,8 kV de la Subestación El Calvario .....	101
5.2.1.1.1	Cálculo del Filtro de Quinto Armónico de acuerdo a la Norma IEEE Std 1531-2003.....	101
5.2.1.1.2	Cálculo del Filtro de Séptimo Armónico de acuerdo a la Norma IEEE Std 1531-2003 .....	106
5.3	IMPLEMENTACIÓN DE FILTROS EN LA SIMULACIÓN.....	111
<b>CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		
6.1	CONCLUSIONES .....	118
6.2	RECOMENDACIONES.....	120
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>121</b>
<b>ANEXO A</b>		
<b>Diagrama Unifilar 2013 de ELEPCO S.A.[4]</b>		

**ANEXO B****Mediciones de Voltaje y Corriente Armónicas****ANEXO B.1****Espectro Armónico de Voltajes y Corrientes en las Centrales Illuchi 1 e Illuchi 2****ANEXO C****Mediciones de Distorsión Armónica Total de Voltaje y Corriente Illuchi 1 e Illuchi 2****ANEXO C.1****Calibración de Monitoreo Medición 1 Y 2****ANEXO C.2****Gráficas de Contenido Armónico de 3°, 5° Y 7° Orden en las Centrales Hidroeléctricas Illuchi 1 e Illuchi 2****ANEXO C.3****Medición de Distorsión Armónica en la Subestación de Distribución El Calvario****ANEXO D****Formas de Onda de Mediciones de Distorsión Illuchi 1 e Illuchi 2****ANEXO E****Diagrama Unifilar Zona Oriental de ELEPCO S.A.****ANEXO F****Espectro de Frecuencias de Corriente de Horno de Arco NOVACERO [5]****ANEXO G****Diagrama de Flujo Proceso de Producción CEDAL [15]****ANEXO H****Diagramas Unifilares de ELEPCO S.A - NOVACERO**

# ÍNDICE DE FIGURAS

## CAPÍTULO 1

FIGURA 1.1 PARTES DE UN SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA.....	1
FIGURA 1.2 ÁREA DE CONCESIÓN [2].....	5
FIGURA 1.3 PATIO DE TRANSFORMACIÓN CENTRAL HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 1 .....	9
FIGURA 1.4 COMPONENTES DE UNA CENTRAL CON PRESA DE DERIVACIÓN .....	10
FIGURA 1.5 GRUPOS GENERADORES DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 1.....	10
FIGURA 1.6 VISTA DE LOS 3 TRANSFORMADORES DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 1 .....	11
FIGURA 1.7 PATIO DE TRANSFORMACIÓN CENTRAL HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 2 .....	12
FIGURA 1.8 ESQUEMA GENERAL CENTRALES HIDROELÉCTRICAS ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2 .....	12
FIGURA 1.9 GRUPO GENERADOR 1 CENTRAL HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 2.....	13
FIGURA 1.10 VISTA TRANSFORMADOR ELEVADOR CENTRAL HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 2.....	13
FIGURA 1.11 PROCESO DE PRODUCCIÓN PLANTA LASSO NOVACERO S.A. ....	16
FIGURA 1.12 PROCESO DE PRODUCCIÓN PLANTA CEDAL ALUMINIO .....	18

## CAPÍTULO 2

FIGURA 2.1 FORMAS DE ONDA Y DISTORSIÓN ARMÓNICA CAUSADA POR CARGAS NO LINEALES.....	20
FIGURA 2.2 DISTORSIÓN DE FORMA DE ONDA CAUSADA POR ARMÓNICOS [22] .....	21
FIGURA 2.3. DIAGRAMA DE UNA SOLA LÍNEA QUE MUESTRA LA IMPEDANCIA DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE UN ARMÓNICO DE RANGO H [20].....	21
FIGURA 2.4. CORRIENTES ARMÓNICAS DE CONVERTIDORES Y RECTIFICADORES [21] .....	22
FIGURA 2.5 CIRCULACIÓN DE INTENSIDADES ARMÓNICAS EN UNA RED [20] .....	23
FIGURA 2.6 FUENTES DE ARMÓNICOS [21] .....	23
FIGURA 2.7 ELEMENTOS DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA QUE CONTRIBUYEN EN LA GENERACIÓN DE ARMÓNICOS. ....	24
FIGURA 2.8 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE CONVERTIDORES QUE AFECTAN A LA CONTRIBUCIÓN DE ARMÓNICOS .....	25
FIGURA 2.9 PLANTA CON CARGA DEL CONVERTIDOR, TRANSFORMADOR DE RED Y OTRAS CARGAS.....	25
FIGURA 2.10 CONTENIDO ARMÓNICO DE UN RECTIFICADOR DE 6 PULSOS.....	26
FIGURA 2.11 CORRIENTE TOTAL COMO SUMA DE LA FUNDAMENTAL Y EL 5° ARMÓNICO .....	27
FIGURA 2.12 DISTORSIÓN DE LA CORRIENTE CON DIVERSOS ARREGLOS DE RECTIFICADORES.....	28
FIGURA 2.13 EJEMPLO DE DISTORSIÓN EN DISTINTOS TIPOS DE UNIDADES DE ALIMENTACIÓN .....	28
FIGURA 2.14 COMPONENTES DE CORRIENTES ARMÓNICAS TÍPICAS [24] .....	29
FIGURA 2.15 FORMA DE ONDA DE CORRIENTE DE UNA FUENTE CONMUTADA [23] .....	32
FIGURA 2.16 ONDA DE CORRIENTE DE UNA FUENTE DE PODER PWM DE 6 PULSOS BAJO CARGA LIGERA.....	32
FIGURA 2.17 HORNO DE ARCO Y SU UTILIZACIÓN.....	33

FIGURA 2.18 LÁMPARAS DE DESCARGA GASEOSA .....	34
FIGURA 2.19 TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	35
FIGURA 2.20 PARTES DE UN GENERADOR SINCRÓNICO .....	36
FIGURA 2.21 FUNCIONAMIENTO DE UNA MÁQUINA DE INDUCCIÓN .....	36
FIGURA 2.22 CORRIENTES PARASITAS EN EL NÚCLEO DE UN TRANSFORMADOR .....	38
FIGURA 2.23 EFECTO PIEL Y EFECTO DE PROXIMIDAD EN CONDUCTORES DE POTENCIA.....	39
FIGURA 2.24 PARTES DE UN MEDIDOR ELÉCTRICO.....	40
FIGURA 2.25 EQUIPO ELÉCTRICO DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA.....	41
FIGURA 2.26 EFECTO DE PAR TRENZADO EN CABLES DE COMUNICACIÓN.....	42

### CAPÍTULO 3

FIGURA 3.1 ANALIZADOR DE REDES - POWER EXPLORER PX5 .....	44
FIGURA 3.2. MONTAJE DE EQUIPO – CENTRAL HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2.....	46
FIGURA 3.3 CONFIGURACIÓN Y PANTALLA DE AJUSTE Y CALIBRACIÓN PRINCIPAL DEL EQUIPO .....	46
FIGURA 3.4 PANTALLA DE SELECCIÓN DE PINZAS DE CORRIENTE .....	47
FIGURA 3.5 PINZAS DE CORRIENTE USADAS EN LAS MEDICIONES .....	48
FIGURA 3.6 PANTALLA DE SELECCIÓN DE FACTOR DE ESCALA .....	48
FIGURA 3.7 TIPO DE CIRCUITO - FUNCIONES DE OSCILOSCOPIO Y FASORES .....	49
FIGURA 3.8 DIAGRAMA DE CONEXIÓN Y FASORIALES: 3 FASES, ESTRELLA CUATRO HILOS. ....	49
FIGURA 3.9 PUNTO DE CONEXIÓN- VOLTAJE ILLUCHI 1 .....	50
FIGURA 3.10 PUNTO DE CONEXIÓN- VOLTAJE ILLUCHI 2 .....	50
FIGURA 3.11 PANTALLA DE SELECCIÓN PARA MODO DE OPERACIÓN .....	52
FIGURA 3.12 PANTALLA DE SELECCIÓN PARA MODO DE MONITOREO .....	53
FIGURA 3.13 FORMAS DE ONDA DE VOLTAJE Y CORRIENTE EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 1 .....	56
FIGURA 3.14 FORMAS DE ONDA DE VOLTAJE Y CORRIENTE EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 2 .....	57
FIGURA 3.15 LÍMITES DE DISTORSIÓN DE CORRIENTE PARA SISTEMAS GENERALES DE DISTRIBUCIÓN [23].....	59
FIGURA 3.16 LÍMITES DE DISTORSIÓN DE VOLTAJE RECOMENDADO [23] .....	60
FIGURA 3.17 PORCENTAJES DE THD DE VOLTAJE Y CORRIENTE EN ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2 DE LA PRIMERA MEDICIÓN .....	62
FIGURA 3.18 PORCENTAJES DE THD DE VOLTAJE Y CORRIENTE EN ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2 DE LA SEGUNDA MEDICIÓN .....	63
FIGURA 3.19 THD DE VOLTAJE DE LAS FASES A, B Y C EN LA S/E EL CALVARIO .....	65
FIGURA 3.20 THD DE CORRIENTE DE LAS FASES A, B Y C EN LA S/E EL CALVARIO .....	65

### CAPÍTULO 4

FIGURA 4.1 ÁREA DE TRABAJO DEL DIGSILENT POWER FACTORY .....	68
FIGURA 4.2 VENTANA DE DIALOGO FLUJO DE CARGA ARMÓNICO.....	71

FIGURA 4.3 VENTANA BARRIDO DE FRECUENCIA.....	72
FIGURA 4.4 REPRESENTACIÓN DEL S.N.I COMO RED EXTERNA EN LA BARRA DE MULALÓ 138 kV .....	73
FIGURA 4.5 CREACIÓN DE UNA CARGA GENERAL EN LA BARRA 13,8 kV NOVACERO .....	74
FIGURA 4.6 CREACIÓN DEL MODELO DE CARGA COMO FUENTE DE CORRIENTE. ....	74
FIGURA 4.7 CREACIÓN DE CORRIENTES ARMÓNICAS DE FASES DESBALANCEADAS.....	75
FIGURA 4.8 MEDICIÓN INSTANTÁNEA DE VARIABLES ELÉCTRICAS - CORRIENTE PRENSA 1 CEDAL S.A.....	76
FIGURA 4.9 MEDICIÓN INSTANTÁNEA DE VARIABLES ELÉCTRICAS - VOLTAJE PRENSA 1 CEDAL S.A .....	76
FIGURA 4.10 MEDICIÓN INSTANTÁNEA DE VARIABLES ELÉCTRICAS – CORRIENTE PINTURA CEDAL S.A .....	77
FIGURA 4.11 DIAGRAMA DE BARRAS DE DISTORSIÓN ARMÓNICA MÁXIMA INDIVIDUAL TOTAL - HORA DE MÁXIMA DEMANDA – SUBESTACIÓN EL CALVARIO 13.8 kV .....	78
FIGURA 4.12 MÓDULO DE SIMULACIÓN DE FLUJO DE ARMÓNICOS EN LA BARRA DE HERRAMIENTAS.....	79
FIGURA 4.13 FLUJO DE POTENCIA DE ARMÓNICOS EN LAS BARRAS DE 18 kV Y 13,8 kV DE NOVACERO .....	80
FIGURA 4.14 FLUJO DE POTENCIA DE ARMÓNICOS EN LAS BARRAS DE 138 kV DE NOVACERO .....	80
FIGURA 4.15 FLUJO DE POTENCIA DE ARMÓNICOS EN LA BARRA 138 kV MULALÓ .....	81
FIGURA 4.16 FLUJO DE POTENCIA EN LAS BARRAS DE 69 kV DE ELEPCO S.A .....	82
FIGURA 4.17 FLUJO DE POTENCIA ARMÓNICO EN LAS BARRAS DE 69 Y 13,8 kV DE ELEPCO S.A.....	83
FIGURA 4.18 FLUJO DE POTENCIA ARMÓNICO EN LAS BARRAS DE 2,4 kV DE ELEPCO S.A.....	84
FIGURA 4.19 PORCENTAJES DE DISTORSIÓN ARMÓNICA. CASO NOVACERO - CEDAL EN LA BARRA EL CALVARIO DE 13,8 kV .	85
FIGURA 4.20 FLUJO DE POTENCIA. CASO NOVACERO - CEDAL EN LA BARRA EL CALVARIO DE 13,8 kV .....	86
FIGURA 4.21 FLUJO DE POTENCIA ARMÓNICO. CASO NOVACERO - CEDAL EN LAS BARRAS DE ILLUCHI 1E ILLUCHI 2.....	87

## CAPÍTULO 5

FIGURA 5.1 TOPOLOGÍA FILTRO PASIVO SERIE .....	89
FIGURA 5.2 CONEXIÓN FILTRO PASIVO PARALELO .....	90
FIGURA 5.3 VARIACIÓN DEL MÓDULO DE LA IMPEDANCIA CON LA FRECUENCIA .....	90
FIGURA 5.4 CONEXIÓN FILTRO PASIVO PARALELO RESONANTE Y FRECUENCIA RESONANTE .....	91
FIGURA 5.5 ETAPAS SINTONIZADAS EN ARMÓNICOS 5º, 7º, 11º y 13º.....	91
FIGURA 5.6 CONFIGURACIONES DE FILTROS PASIVOS PARALELO CON AMORTIGUAMIENTO Y VARIACIÓN DE IMPEDANCIA CON RESPECTO A LA FRECUENCIA .....	92
FIGURA 5.7 COMPENSACIÓN DE FORMA DE ONDA DE UN FILTRO ACTIVO SERIE .....	93
FIGURA 5.8 FUNCIONAMIENTO DE UN FILTRO ACTIVO SERIE .....	94
FIGURA 5.9 FUNCIONAMIENTO DE UN FILTRO ACTIVO PARALELO.....	94
FIGURA 5.10 APLICACIÓN DE UPQC PARA COMPENSACIÓN DE VOLTAJES Y CORRIENTES DISTORSIONADAS .....	95
FIGURA 5.11 CONEXIÓN DE FILTROS HÍBRIDOS .....	96
FIGURA 5.12 FILTRO DE 5º ARMÓNICO .....	106
FIGURA 5.13 FILTRO DE 7º ARMÓNICO .....	111

FIGURA 5.14 FLUJO DE POTENCIA EN EL CASO NOVACERO-CEDAL SIN FILTRADO DE ARMÓNICOS .....	112
FIGURA 5.15 FLUJO DE POTENCIA EN EL CASO NOVACERO-CEDAL CON FILTRADO DE ARMÓNICOS .....	113
FIGURA 5.16 FLUJO DE POTENCIA ARMÓNICO EN EL CASO NOVACERO-CEDAL SIN FILTRADO DE ARMÓNICOS.....	116
FIGURA 5.17 FLUJO DE POTENCIA ARMÓNICO EN EL CASO NOVACERO-CEDAL CON FILTRADO DE ARMÓNICOS .....	117

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO 1

TABLA 1.1 GENERACIÓN LOCAL ELEPCO S.A.....	6
TABLA 1.2 PARÁMETROS LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN ZONA ORIENTAL ELEPCO S.A. [3] .....	7
TABLA 1.3 PARÁMETROS TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS ZONA ORIENTAL ELEPCO S.A. [4].....	7
TABLA 1.4 PARÁMETROS UNIDADES DE GENERACIÓN ZONA ORIENTAL ELEPCO S.A. * [5]** [6].....	8
TABLA 1.5 PARÁMETROS DEL TRANSFORMADOR DE TRES DEVANADOS MULALÓ .....	8
TABLA 1.6 CARGA REPRESENTATIVA NO LINEAL ** [4] .....	14
TABLA 1.7 CARGAS REPRESENTATIVAS LINEALES POR SUBESTACIÓN .....	15
TABLA 1.8 PARÁMETROS ELÉCTRICOS LÍNEA MULALÓ – NOVACERO .....	15
TABLA 1.9 RESUMEN DEL SISTEMA DE LA FÁBRICA DE ACERO NOVACERO [13].....	17

### CAPÍTULO 2

TABLA 2.1 MÁXIMAS AMPLITUDES DE ARMÓNICOS DE CORRIENTE EN TCR [23] .....	30
TABLA 2.2 ESPECTRO TÍPICO DE UNA FUENTE DE ALIMENTACIÓN CONMUTADA. NORMA [23] .....	32
TABLA 2.3 CONTENIDO ARMÓNICO DE CORRIENTE EN UN HORNO DE ARCO EN DOS FASES DEL CICLO DE FUNDICIÓN EN % DE LA FUNDAMENTAL [23] .....	34

### CAPÍTULO 3

TABLA 3.1 MEDICIÓN N° 1 - ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2.....	51
TABLA 3.2 MEDICIÓN N° 2 - ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2.....	51
TABLA 3.3 MEDICIÓN DEL PX5 N° 1 - ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2 .....	51
TABLA 3.4 MEDICIÓN DEL PX5 N° 2 - ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2 .....	51
TABLA 3.5 CONFIGURACIÓN DE DATOS DE ENTRADA NOMINALES .....	52
TABLA 3.6 PORCENTAJES DE THD DE VOLTAJE ILLUCHI 1.....	55
TABLA 3.7 PORCENTAJES DE THD DE CORRIENTE ILLUCHI 1. ....	55
TABLA 3.8 PORCENTAJES DE THD DE VOLTAJE ILLUCHI 2.....	55
TABLA 3.9 PORCENTAJES DE THD DE CORRIENTE ILLUCHI 2. ....	55
TABLA 3.10. MÁXIMOS PORCENTAJES DE THD DE VOLTAJE Y CORRIENTE – S/E EL CALVARIO [6] .....	64

### CAPÍTULO 4

TABLA 4.1 RELACIÓN ARMÓNICOS Y COMPONENTE DE SECUENCIA .....	70
TABLA 4.2 DATOS DE RED EXTERNA EN BARRA MULALÓ 138 kV [32] .....	72



TABLA 4.3 DISTORSIÓN ARMÓNICA INDIVIDUAL Y TOTAL - HORA DE MÁXIMA DEMANDA – SUBESTACIÓN EL CALVARIO 13,8 kV	78
TABLA 4.4 RESULTADOS DE MEDICIONES Y SIMULACIÓN DEL CASO NOVACERO – CEDAL.....	85

## CAPÍTULO 5

TABLA 5.1 VALORES DE CORRIENTE CON Y SIN FILTROS EN EL CASO NOVACERO – CEDAL .....	114
TABLA 5.2 VALORES DE VOLTAJE CON Y SIN FILTROS EN EL CASO NOVACERO – CEDAL .....	114
TABLA 5.3 VALORES DE THD DE CORRIENTE CON Y SIN FILTROS EN EL CASO NOVACERO – CEDAL .....	115
TABLA 5.4 VALORES DE THD DE VOLTAJE CON Y SIN FILTROS EN EL CASO NOVACERO – CEDAL.....	115

## RESUMEN

En la actualidad, dentro de un Sistema de Potencia Eléctrico se han ido incrementando cargas con nuevas tecnologías de electrónica de potencia. Los usuarios han incorporado en sus instalaciones gran cantidad de equipos automatizados que en su normal funcionamiento producen corrientes y voltajes no sinusoidales, en otras palabras distorsionan las señales de la red con contenido armónico causando efectos dañinos al resto de elementos que forma parte del SEP.

Frente a los problemas causados por la presencia de cargas no lineales, este proyecto de titulación pretende realizar un análisis técnico de armónicos en las unidades de generación de las centrales hidroeléctricas Illuchi 1 e Illuchi 2 de la Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi ELEPCO S.A., con la ayuda de herramientas como analizadores industrial y software de simulación.

El análisis comprende descripciones técnicas del sistema de subtransmisión de ELEPCO S.A. Además cuenta con mediciones de distorsión armónica en las centrales de generación Illuchi 1 e Illuchi 2 y en la subestación de distribución El Calvario, teniendo como resultado valores máximos de distorsión armónica total de corriente de 5,4 % con respecto fundamental en Illuchi 1 y de 3% en Illuchi 2; con valores altos para armónicos de corriente de 5° y 7° orden; contenido armónico que sobrepasa los niveles recomendados por la norma IEEE Std. 519-1992. En base a estos resultados se realiza la simulación de dos casos, incluyendo cargas no lineales caracterizadas como fuentes de corriente, de la zona oriental del sistema de ELEPCO S.A., con la ayuda del flujo de potencia armónico se determina la ubicación de la carga industrial causante de las fluctuaciones de corriente presentes en los puntos de medición.

Una vez determinada la causa, se realiza el diseño y simulación de filtros para el 5° y 7° armónico en base a la norma IEEE Std. 1531-2003, planteando una posible solución a los problemas que enfrentan las centrales Illuchi 1 e Illuchi 2 de ELEPCO S.A por la presencia de cargas no lineales dentro de su área de concesión.

## PRESENTACIÓN

El presente proyecto se encuentra estructurado de la siguiente manera:

Capítulo 1 contiene los objetivos generales, específicos, alcance, justificación del proyecto y una descripción de las características del sistema de subtransmisión de ELEPCO S.A., centrales de generación hidroeléctrica Illuchi 1 e Illuchi 2, cargas lineales y no lineales.

Capítulo 2 consta de definiciones generales de distorsión armónica, teoría sobre las más comunes fuentes armónicas, clasificadas de acuerdo a la norma IEEE Std.519.1992., sus efectos sobre equipos de un sistema de potencia.

Capítulo 3 explica detalladamente cada uno de los pasos y parámetros de calibración del equipo utilizado en las mediciones, Power Explorer 5. Se anexan las mediciones realizadas por el personal de ELEPCO S.A en la Subestación de Distribución El Calvario.

Capítulo 4 presenta una modelación y simulación de la red del sistema eléctrico de ELEPCO S.A., por medio de un flujo de potencia y en especial un flujo de potencia armónica generado a través de una carga no lineal con característica de fuente de armónicos de corriente, ubicada en la barra perteneciente a Novacero y en la barra de 13,8 kV del Calvario.

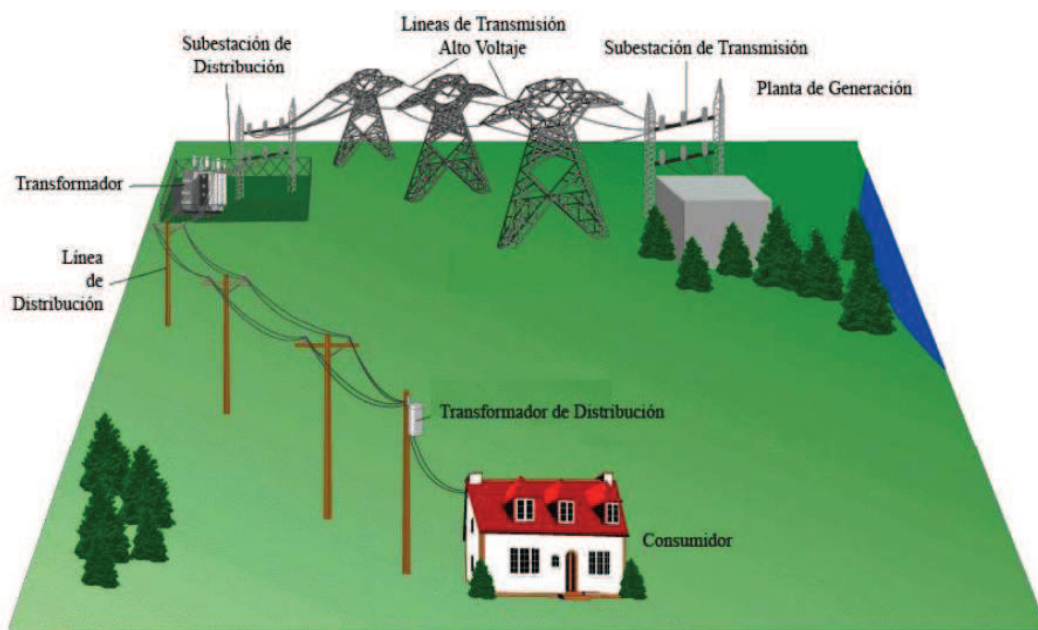
Capítulo 5 muestra los tipos de filtros utilizados comúnmente para la mitigación armónica, se realiza el diseño de filtros pasivos paralelo resonantes en base a la norma IEEE Std.1531-2003 y su posterior ubicación dentro de la simulación a nivel de 13,8 kV en la Barra de la Subestación de Distribución El Calvario.

El capítulo 6 contiene las conclusiones y recomendaciones derivadas del desarrollo del presente proyecto.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

Un Sistema Eléctrico de Potencia se define según el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica como: "... una red formada por unidades generadoras eléctricas, cargas y/o líneas de transmisión de potencia, incluyendo el equipo asociado, conectado eléctricamente o mecánicamente a la red..." [1].



*Figura 1.1 Partes de un Sistema Eléctrico de Potencia*

Dentro del sector eléctrico ecuatoriano un sistema de potencia tiene por objeto generar, transmitir y distribuir la energía eléctrica hasta los consumidores con índices de calidad. Sin embargo, este proceso conlleva una gran complejidad y singular importancia al momento de estudiarlo, especialmente en la última de sus fases, en la cual se presentan distorsiones en la forma de onda de voltaje y corriente; ocasionadas por cargas no lineales presentes dentro de un sistema de potencia.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 OBJETIVO GENERAL**

El objetivo general de este proyecto contempla el realizar un análisis técnico de los efectos de los armónicos producidos por cargas no lineales en las unidades de generación de las centrales hidroeléctricas Illuchi de la Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi ELEPCO S.A.

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar una descripción técnica de los componentes de generación, subtransmisión y cargas, especialmente las no lineales, del sistema eléctrico de ELEPCO S.A.
- Presentar las causas y efectos de las cargas no líneas en un sistema eléctrico de potencia.
- Efectuar mediciones de armónicos en las centrales hidroeléctricas de generación Illuchi de ELEPCO S.A. mediante un analizador industrial.
- Modelar los componentes del sistema eléctrico de ELEPCO S.A. enfocados al análisis de armónicos provenientes de las cargas no lineales de hornos de arco.
- Simular el sistema eléctrico de ELEPCO S.A. utilizando el programa Power Factory de DlgSILENT considerando a la subestación Mulaló como barra de compensación y las cargas no líneas de hornos de arco ubicados en su área de concesión.
- Proponer formas de mitigar los efectos causados por los armónicos de cargas de hornos de arco en las unidades de generación de las centrales hidroeléctricas Illuchi.

## 1.2 ALCANCE

Se modelan y simulan los componentes de generación, subtransmisión y cargas en barras del sistema eléctrico de ELEPCO S.A. para estudios de estado estable.

Las barras de carga son modeladas como potencia constante excepto la barra con carga no lineal representada por el horno de arco de la empresa Novacero.

La barra de referencia o compensación del sistema eléctrico de ELEPCO S.A. es la correspondiente a la barra de 138 kV de la subestación Mulaló.

Mediante medición de armónicos de voltaje y corriente en las centrales hidroeléctricas Illuchi 1 e Illuchi 2, se estima la presencia y tipo de cargas no lineales, cuyos armónicos se propagan a través de la red de subtransmisión hasta las unidades de generación, y se analizan con referencia a la norma IEEE Std.519-1992.

Se utiliza el programa computacional Power Factory de DlgSILENT para efectuar corridas de flujo de armónicos en el sistema eléctrico de ELEPCO S.A. y validar el efecto de cargas no lineales en las unidades de generación eléctrica.

Se propone alternativas para mitigar los efectos de los armónicos en las unidades de generación de Illuchi.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

- Con la finalidad de establecer la influencia del horno de arco instalado por la empresa Novacero en el sistema eléctrico de ELEPCO S.A. se plantea realizar un análisis de armónicos mediante corridas de flujos de potencia utilizando la herramienta computacional Power Factory de DlgSILENT.
- En razón de que se presentan excursiones de flujos de potencia en las unidades de generación de las centrales Illuchi 1 e Illuchi 2 hacia la red eléctrica de la empresa de distribución, es necesario efectuar un análisis de las causas que producen estos fenómenos y plantear medidas que disminuyan los correspondientes efectos.
- Los hornos de arco son cargas no lineales concentradas en una barra del sistema eléctrico, que contienen una alta presencia de ondas armónicas. La saturación del hierro del transformador que alimenta los electrodos de fundición de los materiales metálicos utilizados en el proceso de fabricación del hierro y el retraso en la ignición del arco constituyen una fuente importante de armónicos.

## 1.4 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE POTENCIA DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI ELEPCO S.A.

Para mencionar los componentes principales del sistema de subtransmisión de ELEPCO S.A. es necesario hacer una breve descripción de todo el sistema perteneciente a dicha empresa eléctrica.

### 1.4.1 ÁREA DE CONCESIÓN

Cubriendo un área de 5556 km<sup>2</sup>, ELEPCO S.A. suministra energía eléctrica a los cantones de Latacunga, Salcedo, Pujilí, Sigchos y Pangua, además para procurar su ampliación se está gestionando la inclusión total del cantón La Maná y varios recintos adyacentes, como usuarios finales.



*Figura 1.2 Área de Concesión [2]*

### 1.4.2 FUENTES DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Además de generación local la empresa cuenta con la inyección de potencia a través de nodos del Sistema Nacional Interconectado (S.N.I.).



### 1.4.2.1 Generación Local

*Tabla 1.1 Generación Local ELEPCO S.A.*

CENTRAL	TIPO DE GENERACIÓN	UBICACIÓN	POTENCIA [MVA]	Nº DE GRUPOS
<b>ILLUCHI 1</b>	Hidráulica	Latacunga	5,25	4
<b>ILLUCHI 2</b>	Hidráulica	Latacunga	6,50	2
<b>EL ESTADO</b>	Hidráulica	La Maná	2,50	2
<b>CATAZACÓN</b>	Hidráulica	Pangua	1,00	2
<b>TOTAL DE GENERACIÓN LOCAL</b>			<b>15,25</b>	

### 1.4.2.2 Nodos de conexión con el S.N.I.

Debido a que la generación local no es suficiente, se requiere la inyección de potencia por parte del S.N.I. y así abastecer la demanda del área de concesión de ELEPCO S.A., a través de dos nodos, el primero ubicado en la Subestación Mulaló y el otro en la Subestación Ambato.

La Subestación Mulaló está conectada a la línea de transmisión Pucará – Santa Rosa a un nivel de 138 kV y cuenta con un auto transformador 50/63 MVA de capacidad, con regulación automática bajo carga, que reduce el voltaje a 69 kV, este nodo por estar ubicado cerca del centro de carga y tener un flujo de potencia de alrededor del 63% de energía eléctrica, representa el suministro más grande e importante con que cuenta ELEPCO S.A.

La interconexión del S.N.I. a la Subestación Ambato se la hace por medio de la línea de transmisión Pisayambo – S/E Ambato - Totoras a 138 kV y cuenta con un transformador de 33/44 MVA de capacidad, sin regulación automática bajo carga, que reduce el voltaje a 69 kV, abasteciendo de energía a gran parte de la zona occidental de ELEPCO S.A. (Salcedo, San Rafael, Pujilí y fábrica HOLCIM), según muestra el Diagrama Unifilar de la Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi S.A. en el ANEXO A.

### 1.4.2.3 Transmisión de Energía Eléctrica

De acuerdo a niveles de voltaje operados dentro del área de concesión de ELEPCO S.A., se puede decir que esta empresa maneja voltajes de 4 hasta 69 kV y recibe potencia a través de los dos nodos mencionados anteriormente a un nivel de voltaje de 138 kV.

### 1.4.2.4 Subtransmisión de Energía Eléctrica

El voltaje de subtransmisión es el nivel de voltaje más importante en ELEPCO S.A. En este nivel (13,8 y 69 kV) se realiza el análisis de armónicos en las unidades de generación Illuchi 1 y 2.

En las Tablas 1.2, 1.3 y 1.4 se mencionan las características del sistema oriental de subtransmisión de ELEPCO S.A.

*Tabla 1.2 Parámetros Líneas de Subtransmisión Zona Oriental ELEPCO S.A. [3]*

N°	NOMBRE DE LA LÍNEA	Volt.	Long.	R <sub>1,2</sub>	XL <sub>1,2</sub>	BC <sub>1,2</sub>	R <sub>0</sub>	XL <sub>0</sub>	BC <sub>0</sub>
		(kV)	(km)	(ohm/km)	(ohm/km)	(μS/km)	(ohm/km)	(ohm/km)	(μS/km)
1	Drv. Laigua - La Cocha	69	6,34	0,218894	0,526086	3,097283	0,656681	1,578257	1,858370
2	Drv. Laigua - Mulaló	69	7,87	0,218894	0,526086	3,097283	0,656681	1,578257	1,858370
3	Mulaló - Lasso	69	6,55	0,218894	0,526086	3,097283	0,656681	1,578257	1,858370
4	Lasso - Sigchos	69	33,8	0,218894	0,526086	3,097283	0,656681	1,578257	1,858370
5	La Cocha - El Calvario	13,8	2,32	0,338720	0,438518	3,869579	1,016159	1,315555	2,321747
6	El Calvario - Illuchi 2	13,8	7,49	0,267247	0,383826	4,294480	0,801740	1,151477	2,576688
7	El Calvario - Illuchi 1	13,8	9,45	0,548167	0,448486	3,724985	1,644500	1,345458	2,234991

*Tabla 1.3 Parámetros Transformadores de dos Devanados Zona Oriental ELEPCO S.A. [4]*

N°	S/E	Grupo de Conexión	Vn1(KV)	Vn2 (KV)	Sn (MVA)	CAP. OA (MVA)	LADO TAP	AJUSTE TAP (nom)
1	LA COCHA	Dyn1	69	13,8	10	10	Primario	3
2	MULALÓ	Dyn1	69	13,8	10	10	Primario	3
3	LASSO	Dyn1	69	13,8	16	16	Primario	3
4	SIGCHOS	Dyn1	69	13,8	5	5	Primario	3
5	EL CALVARIO	Dyn1	23	13,8	4	4	Primario	3
6	ILLUCHI 1	Dyn1	2,4	22	1,75	1,75	Primario	3
7	ILLUCHI 2	Yd5	2,4	13,8	6,5	6,5	Primario	3

Tabla 1.4 Parámetros Unidades de Generación Zona Oriental ELEPCO S.A. \* [5]\*\* [6]

N°	NOMBRE	TIPO	N° Uni.	fp	Vn	Sn	Reactancias Sincrónicas (p.u)			Datos de Secuencias (p.u)		
					(kV)	(MVA)	Xd	Xq	X <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	X <sub>1,2</sub>	R <sub>1,2</sub>
1	ILLUCHI 1*	Hidráulica	4	0,8	2,4	5,25	1,11780	0,96880	0,04840	0,01750	0,33220	0,06740
2	ILLUCHI 2**	Hidráulica	2	0,8	2,4	6,5	14,90000	0,89400	0,04402	0,02448	0,30200	0,09450

La conexión de la empresa distribuidora ELEPCO S.A. al S.N.I. se encuentra dada por medio de un transformador de tres devanados, sus principales características se encuentran en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5 Parámetros del Transformador de Tres Devanados Mulaló

MULALÓ (138KV)	Grupo de Conexión	Vn (KV)			Sn (MVA)			TAP		V adicional TAP (%)		Ajuste TAP nominal	
	YN0yn0d1	HV	MV	LV	HV	MV	LV	HV	MV	HV	MV	HV	MV
			138	69	13,8	66	66	20	1-5	1-33	2,5	0,625	3
		Reactancia de Magnetización			Vcc Secuencia 0, + (%)			Pérd. en el Cu (KW)					
	Posición	I vacío (%)	Pérd. Fe	HV-MV	MV-LV	LV-HV	HV-MV	MV-LV	LV-HV				
Centro en Y	0,4	27,435	6,138	6,78	8,85	114,5	39,4	39					

#### 1.4.2.5 Distribución de Energía Eléctrica

El Sistema de Distribución de ELEPCO S.A. se encuentra normalizado a niveles de voltaje de 13,8 kV y alimentadores tipo radial.

Las nueve principales subestaciones pertenecientes al Sistema Primario de Distribución de la ELEPCO S.A. son:

Zona Occidental:

- SUBESTACIÓN SALCEDO
- SUBESTACIÓN SAN RAFAEL
- SUBESTACIÓN PUJILÍ
- SUBESTACIÓN LA MANÁ

Zona Oriental:

- SUBESTACIÓN EL CALVARIO

- SUBESTACIÓN LA COCHA
- SUBESTACIÓN MULALÓ (69kV)
- SUBESTACIÓN LASSO
- SUBESTACIÓN SIGCHOS

## **1.5 CENTRALES DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 1 Y 2 [7]**

Las plantas de generación eléctrica se encuentran localizadas normalmente en áreas remotas con presencia de excelentes recursos hídricos, solares o eólicos, alejados de los principales centros de consumo, generando energía produciendo electricidad por medio de la transformación de energía.

Es así que las principales centrales de generación hidroeléctrica que posee la zona del Cotopaxi son Illuchi 1 e Illuchi 2 ubicadas cerca de la ciudad de la Latacunga, en un área comprendida al oriente de la Cordillera Real y el Callejón Interandino, tomando como fuente de alimentación para la generación de energía eléctrica las aguas del río Illuchi.

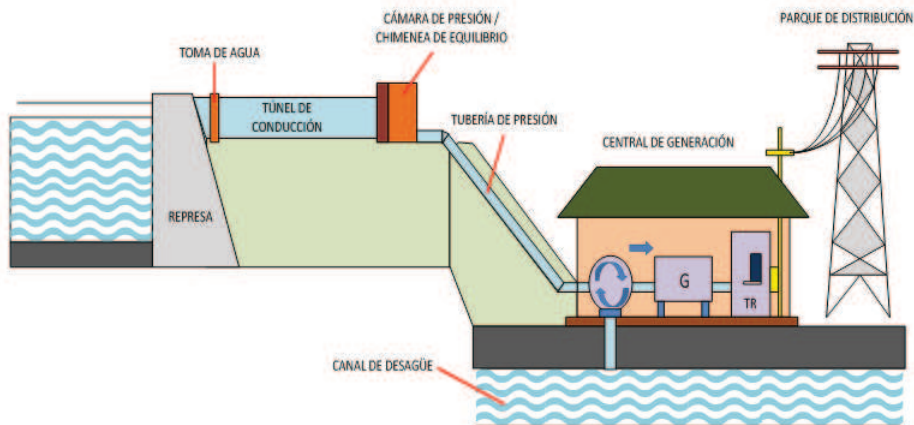
### **1.5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 1**



*Figura 1.3 Patio de Transformación Central Hidroeléctrica Illuchi 1*

### 1.5.1.1 Tipo de Central

De acuerdo a las características físicas, la central posee una pequeña presa de derivación que controla la cantidad de agua conducida a las turbinas ubicadas en la Casa de Máquinas, además se considera de baja presión debido a que maneja un caudal de agua de 350 litros por segundo a una altura neta de 290 metros.



*Figura 1.4 Componentes de una Central con Presa de Derivación*

### 1.5.1.2 Generación

Con alrededor de 61 años de operación, la central hidroeléctrica Illuchi 1 posee en la actualidad 4 grupos de generación: dos de 872 kVA de 1200 rpm y dos de 1750 kVA a 900 rpm, con la capacidad de entregar una potencia total de 5244 kVA. Cada grupo posee una turbina Pelton marca Bell que acciona un generador marca BBC a 2400 V.



*Figura 1.5 Grupos Generadores de la Central Hidroeléctrica Illuchi 1*

### 1.5.1.3 Transformación

La subestación de elevación consta de 3 transformadores conectados en paralelo de 2,4/23 kV, 1750 kVA.



*Figura 1.6 Vista de los 3 Transformadores de la Central Hidroeléctrica Illuchi 1*

### 1.5.1.4 Trasmisión

Mediante una línea trifásica de 9,45 km de longitud a 22 kV se conecta la Subestación Illuchi 1 con la Subestación El Calvario.

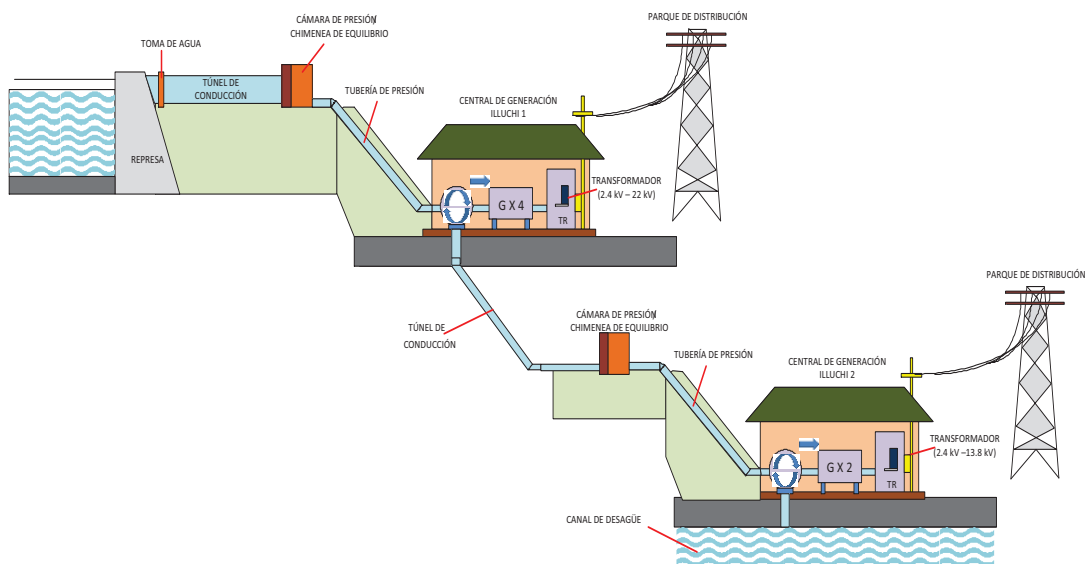
## 1.5.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 2



*Figura 1.7 Patio de Transformación Central Hidroeléctrica Illuchi 2*

### 1.5.2.1 Tipo de Central

La Central Hidroeléctrica Illuchi 2 es considerada una central de pasada debido a que aprovecha el agua turbinada de la Central Illuchi 1, operando en cascada porque no tienen capacidad para almacenar agua (no disponen de embalse).



*Figura 1.8 Esquema General Centrales Hidroeléctricas Illuchi 1 e Illuchi 2*

### 1.5.2.2 Generación

Desde 1984 Illuchi 2 se mantiene funcionando de manera casi continua. Esta central posee en la actualidad 2 grupos de generación de 3250 kVA a 720 rpm. Cada grupo posee una turbina Pelton marca Bell que acciona un generador compacto a 2400V, con sistema MICADUR® que presenta aislamiento de asfalto y mica, dedicado principalmente para máquinas de alto voltaje desarrollado por la BBC en 1955 [8].



*Figura 1.9 Grupo Generador 1 Central Hidroeléctrica Illuchi 2*

### 1.5.2.3 Transformación

Cuenta con un transformador trifásico de 6500 kVA (aislamiento en aceite) que eleva de 2,4 kV a 13,8 kV.



*Figura 1.10 Vista Transformador Elevador Central Hidroeléctrica Illuchi 2*



#### 1.5.2.4 Transmisión

Por medio de una línea trifásica de 7,49 km de longitud a 13,8 kV se conecta la Subestación Illuchi 2 con la Subestación El Calvario.

### 1.6 CARGAS LINEALES Y NO LINEALES

Una carga lineal es aquella que al ser alimentada con un voltaje senoidal genera una corriente también senoidal, de este modo y en cualquier instante, existe proporcionalidad entre el voltaje y la corriente. Este tipo de carga se encuentra en dispositivos convencionales como ventiladores, lámparas incandescentes o dispositivos contruidos con elementos puramente resistivos. Aunque también puede tratarse de una carga que utilice elementos inductivos o capacitivos, como un motor eléctrico.

Todas las cargas son en mayor o menor medida no lineales, pero existe un grupo de cargas que su característica no lineal es predominante. Una carga no lineal al ser alimentada con un voltaje sinusoidal produce corrientes distorsionadas no sinusoidales y con características no lineales de voltaje y corriente.

El principal objetivo de este proyecto de titulación es el análisis de armónicos, que aparecen por la presencia de cargas no lineales dentro de un sistema eléctrico, contaminando la red y afectando incluso a otros usuarios. En la Tabla 1.6 se encuentran las principales características de los posibles causantes de la aparición de armónicos en las Subestaciones de Generación Illuchi 1 e Illuchi 2.

*Tabla 1.6 Carga Representativa No Lineal \*\* [4]*

N°	NOMBRE	S/E	VOLT. (kV)	P (MW)	Q (Mvar)	fp
1	NOVACERO	Mulaló	138	26,7	1,4	0,70
2	CALVARIO (CEDAL)	El Calvario**	13.8	5,13	1,74	0,95

El resto de cargas, que pertenecen a la zona oriental de la empresa ELEPCO S.A. son consideradas como lineales en la simulación y se detallan en la Tabla 1.7.

Tabla 1.7 Cargas Representativas Lineales por Subestación

N°	NOMBRE	S/E	Volt. (KV)	P <sub>mín.</sub> (MW)	Q <sub>mín.</sub> (Mvar)	Fp (Ind.)
1	CARGA 2*	La Cocha	69	2,22	0,84	0,94
2	CARGA 3*	Mulaló	69	6,09	3,26	0,88
3	CARGA 4*	Lasso	69	11,79	4,94	0,92
4	CARGA 5*	Sigchos	69	2,41	0,91	0,93

\* Nombre general para todas las cargas de cada subestación.

### 1.6.1 PLANTA INDUSTRIAL NOVACERO S.A – PLANTA LASSO

“NOVACERO es una sólida empresa ecuatoriana, pionera y líder en el mercado desde 1973, con la mejor experiencia en la creación, desarrollo e implementación de soluciones de acero para la construcción. Soluciones que se encuentran en modernas construcciones industriales y agroindustriales, instalaciones comerciales, educativas, deportivas, de viviendas y en infraestructuras viales del Ecuador y el exterior” [9].

#### 1.6.1.1 Conexión del Sistema Novacero al S.N.I [10]

Novacero se encuentra conectada a nivel de 138 kV a la Subestación Mulaló mediante una línea de transmisión con las siguientes características:

- Longitud: 1,2 km
- Tipo: ACAR
- Calibre: 300 MCM
- Cable de guarda: 3/8” (en toda la línea alta resistencia)

Tabla 1.8 Parámetros Eléctricos Línea Mulaló – Novacero

Parámetros	Cantidad	Unidades
<b>R(1,2)</b>	0,240478	Ω/km
<b>X(1,2)</b>	0,490918	Ω/km
<b>C(1,2)</b>	0,00887066	μF/km
<b>B(1,2)</b>	3,344	μS/km
<b>R(0)</b>	0,496098	Ω/km
<b>X(0)</b>	1,68175	Ω/km
<b>C(0)</b>	0,00519407	μF/km
<b>B(0)</b>	1,958	μS/km
<b>Ir máx.</b>	240	A

### 1.6.1.2 Descripción del Proceso de Producción [11] [12]

La materia prima utilizada dentro del proceso es la palanquilla de acero, la cual es procedente de Colombia, Rusia y Brasil, además y como en cualquier otro proceso industrial, existen otras sustancias, materiales o productos consumibles que son necesarios para el desarrollo normal de las operaciones de la planta Lasso de NOVACERO S.A.



*Figura 1.11 Proceso de Producción Planta Lasso NOVACERO S.A.*

La planta de Novacero ubicada en Lasso cuenta con 6 áreas estratégicas, como se puede apreciar en la Figura 1.11, cada una con equipos especializados para cada proceso.

### 1.6.1.3 Principales cargas de Novacero

Dentro del proceso de producción es necesario el uso de equipos para cubrir la demanda de acero y sus derivados.

La Tabla 1.9 presenta un resumen de los datos generales del sistema de Novacero.

Tabla 1.9 Resumen del Sistema de la Fábrica de acero NOVACERO [13]

TRANSFORMADORES						
	Potencia (MVA)	Conexión	TAP	$\Delta V$ (%)	Vcc (%)	Voltaje (kV)
Autotransformador	50/60	Dd1	1-11-21	1,25	4,0	138 -138
Transformador Reductor	25	Dyn11	1-3-5	2,5	10,0	138-18
Transformador del Horno de Arco	50	Ynd1	1-2-22	4,0	8,2	18- 0,854
Transformador de Cargas Gen.	20/22	Dyn11	1-3-5	2,5	10,0	138-13,8
CARGAS LINEALES						
	Potencia (MVA)		Factor de Potencia			
Puentes Grúas	0,65		0,92 inductivo			
Planta de Humos	3,88		0,92 inductivo			
Planta de Agua y Bombas	1,63		0,8 inductivo			
Laminadora	5,00		0,95 inductivo			
FILTROS LC						
	Potencia (Mvar)	Inductancia (mH)	Capacitancia( $\mu F$ )			
3° Armónico (180 Hz)	5,0	24,13	35,9			
4° Armónico (240 Hz)	4,0	16,00	30,5			
2° Armónico (120Hz)	4,0	58,40	30,1			
5° Armónico (300 Hz)	3,8	5,90	51,0			
REACTOR SERIE						
Inductancia : 5,31 mH			Resistencia : 2 $\Omega$			
Corriente Nominal: 740 A			Voltaje Nominal: 24 kV			
CARGA NO LINEAL – Horno de Arco						
Potencia : 18 MVA			Factor de Potencia: 0,707 inductivo			

### 1.6.2 FÁBRICA CEDAL [14] [15]

Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A., CEDAL, compañía ecuatoriana que inicia sus actividades productivas en 1976, con el propósito de producir y comercializar perfiles y otros productos extraídos de aluminio para uso estructural y arquitectónico, tales como vidrio plano, láminas de aluminio, paneles de aluminio compuesto, sellantes para carpintería de aluminio y tornillería.

### 1.6.2.1 Conexión del Sistema CEDAL a ELEPCO S.A.

La fábrica de producción de aluminio CEDAL se conecta al sistema de ELEPCO por medio del alimentador primario Industrial Sur, en la barra de 13,8 kV de la Subestación El Calvario.

### 1.6.2.2 Descripción del Proceso de Producción

CEDAL cuenta con 2 prensas de extrusión de 7 pulgadas, cada una, con capacidad de 1.700 toneladas de presión, líneas completas de anodizado y pintura electrostática, un horno de fundición horizontal y una planta de tratamiento de descargas líquidas, organizadas en diferentes áreas (Ver Anexo G). En la Figura 1.12 se puede apreciar la cadena de producción de la fábrica Cedal.

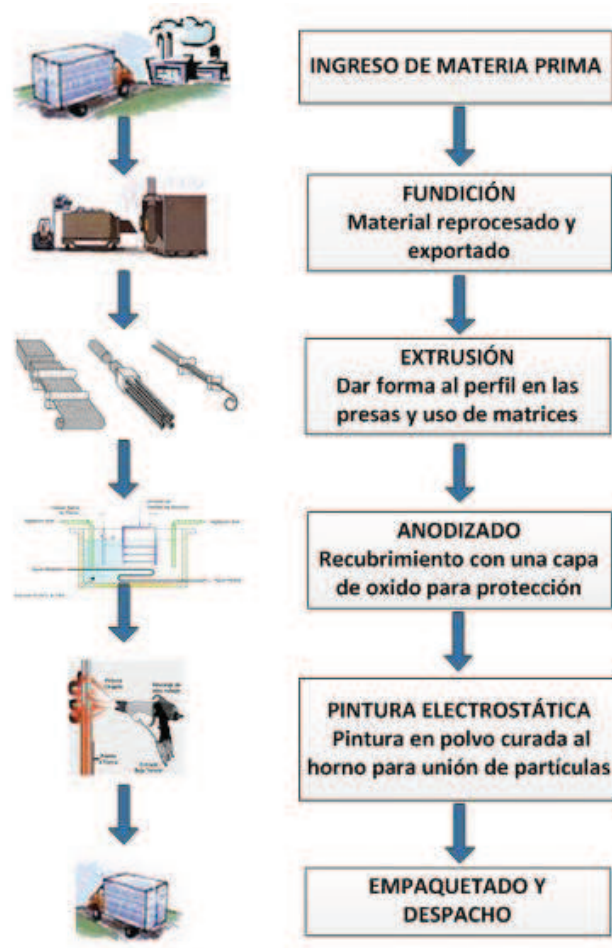


Figura 1.12 Proceso de Producción Planta CEDAL Aluminio

### 1.6.2.3 Principales cargas de CEDAL

El proceso de producción de CEDAL cuenta con equipos especializados y con tecnología avanzada, los cuales requieren tener un sistema de control electrónico de potencia adecuado para cada proceso, teniendo como principales elementos convertidores estáticos de potencia como rectificadores (trenes de laminación), reguladores de corriente alterna (calentamiento en hornos de revenido), inversores (usados en todo tipo de aplicaciones industriales), que ayudan a dar funcionamiento a la maquinaria que forma parte del proceso de producción de perfiles de aluminio. [16] [17] [18]

Tomando en cuenta lo mencionado en [19], el consumo de potencia activa de CEDAL es de 2,9 MW, potencia reactiva 0,887 MVar y cuenta con un factor de potencia de 0,96(-).

## CAPÍTULO 2

### CAUSAS Y EFECTOS ARMÓNICOS EN UN SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA [20] [21]

#### 2.1 DEFINICIÓN DE ARMÓNICOS

Los armónicos son señales de voltaje o corriente de frecuencias múltiplos enteros de la frecuencia fundamental del sistema, cuya amplitud va decreciendo conforme aumenta el múltiplo, ver Figura 2.1. Los armónicos más frecuentes en las redes de distribución trifásicas son los impares, es así que, en las instalaciones se supervisan los armónicos de orden 3°, 5°, 7°, 11° y 13°. Se obtienen mediciones bastante precisas midiendo los armónicos hasta el orden 25°. Por encima del armónico de orden 50° las mediciones ya no son significativas.

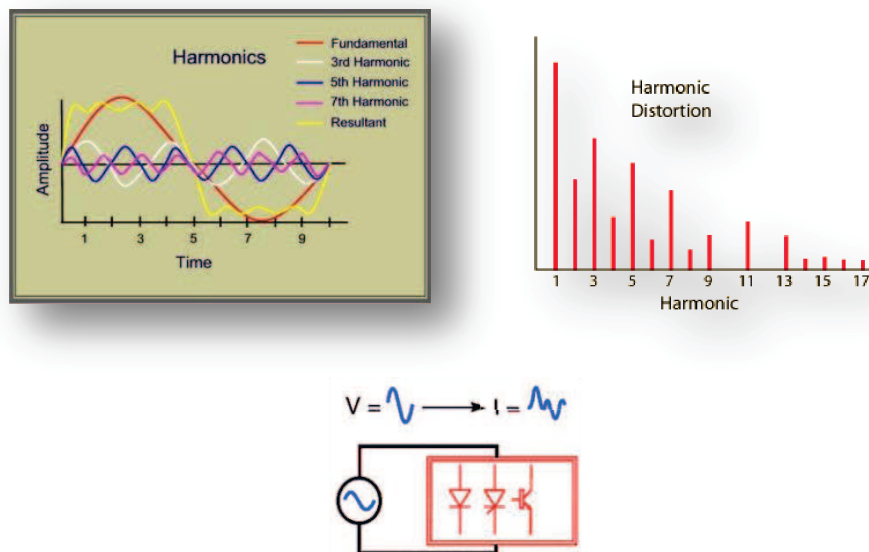


Figura 2.1 Formas de onda y distorsión armónica causada por cargas no lineales

La presencia de armónicos indica una onda de voltaje o corriente distorsionada. La distorsión de la onda significa que la distribución de la energía eléctrica sufre perturbaciones y que la calidad de la alimentación no es óptima.

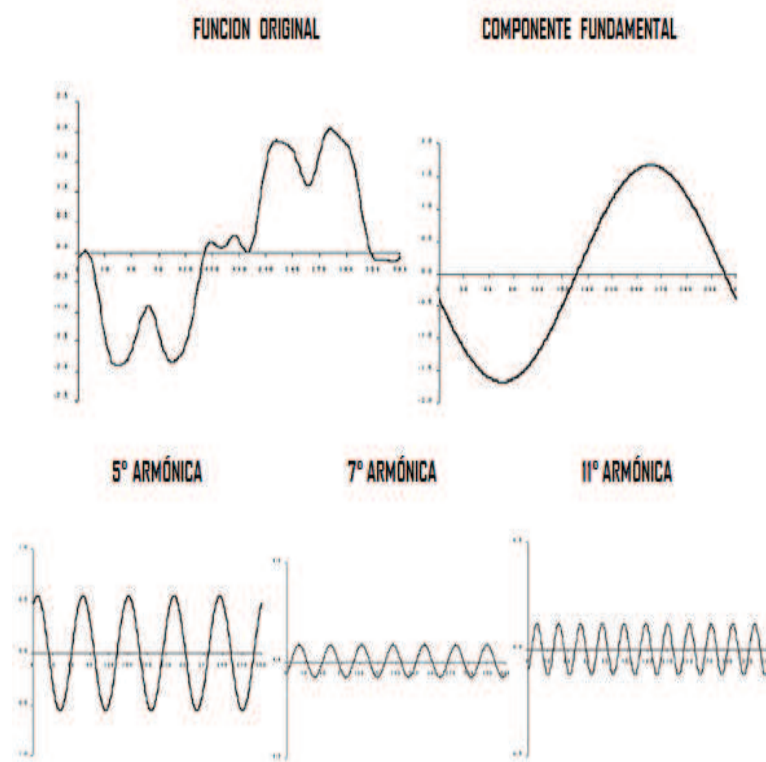


Figura 2.2 Distorsión de forma de onda causada por armónicos [22]

Los armónicos de corriente suelen ser los más preocupantes, puesto que generan efectos negativos y se producen por cargas no lineales conectadas a la red de distribución, ver Figura 2.1.

El flujo de corrientes armónicas produce voltajes de armónicos a través de las impedancias de la red de distribución, y por consiguiente, la distorsión del voltaje de alimentación, ver Figura 2.3.

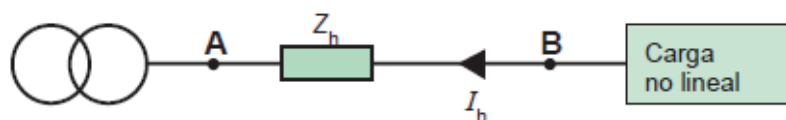


Figura 2.3. Diagrama de una sola línea que muestra la impedancia del circuito de alimentación de un armónico de rango  $h$  [20]



## 2.2 CAUSAS DE LOS ARMÓNICOS

Los dispositivos y sistemas que producen armónicos se encuentran presentes en todos los sectores, es decir, industrial, comercial y residencial. Los armónicos se producen por cargas no lineales (cargas que al ser alimentadas por un voltaje sinusoidal, producen como respuesta una onda de corriente deformada). A dichas cargas se las considera como fuentes de corrientes armónicas.

En la Figura 2.4 se indican ejemplos de corrientes armónicas típicas producidas por convertidores y rectificadores:



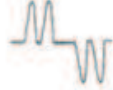


Tipo de circuito	Forma de corriente	THD <sub>i</sub>	Tipo de circuito	Forma de corriente	THD <sub>i</sub>
Rectificadores monofásicos con capacitor de filtrado		≈ 150%	Convertidor de 6 pulsos controlado (tiristores) con inductancia de filtrado		≈ 25%-40%
Rectificadores de 6 pulsos con capacitor de filtrado		≈ 80%-90%	Convertidor de 12 pulsos controlado (tiristores) con inductancia de filtrado		≈ 15%
Rectificadores de 6 pulsos con capacitor de filtrado e inductancia en serie		≈ 40%-70%			

Figura 2.4. Corrientes Armónicas de Convertidores y Rectificadores [21]

Si se tiene en cuenta que las cargas vuelven a inyectar corrientes armónicas aguas arriba en la red, es posible crear un diagrama que muestre las corrientes armónicas en esta, y aunque ciertas cargas crean corrientes armónicas, otras cargas pueden absorberlas, como se muestra en la Figura 2.5.

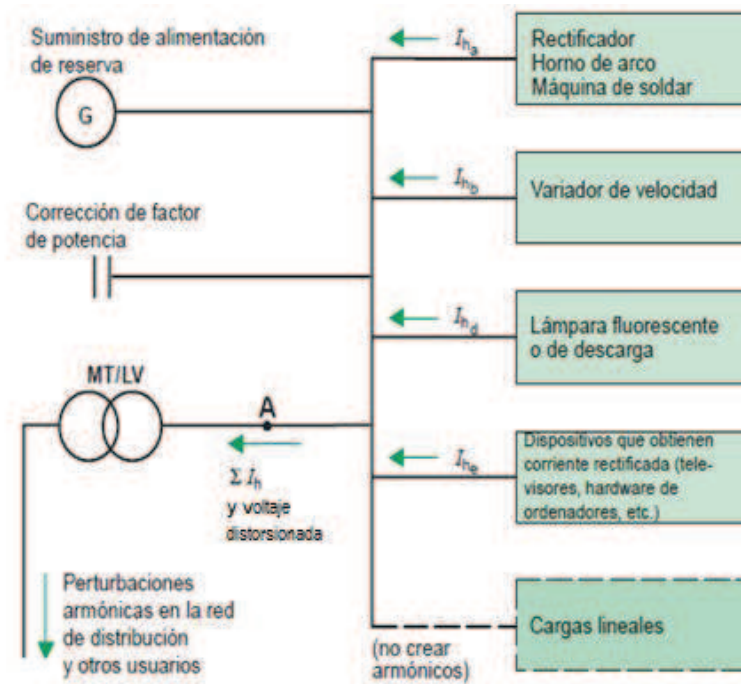


Figura 2.5 Circulación de intensidades armónicas en una red [20]

La Figura 2.6 presenta un cuadro con las principales causas de la introducción de armónicos y el orden en los que se pueden encontrar para cada una de sus fuentes.

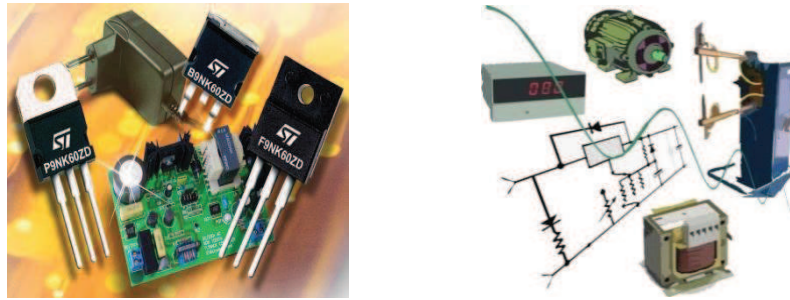
Causa	Carácter.	Ejemplo	$(I_h / I_1)$ [%]				
			h = 2	h = 3	h = 4	h = 5	h = 7
Saturación		Motores pequeños		3-10		1-5	
		Corriente Magnetiz. Transformador $I_1 = I_m = (0.02 - 0.07) I_n$		25-55		8-30	2-10
Descarga de gas		Lámp. fluorescentes	1-2	8-20		2-3	1-2
		Hornos de arco	5-12	6-12	2-5	3-7	1-3
Rectificador media onda con carga resistiva			42		8		
Rectificador media onda con carga capacitiva		Fuentes de suministro (Aparatos de TV)	70-90	40-60	35-50	25-50	12-25
Rectificador onda completa con carga capacitiva		Fuentes de suministro (TV, computadoras)		65-85		50-80	25-60

Figura 2.6 Fuentes de Armónicos [21]

## 2.3 FUENTES PRINCIPALES DE ARMÓNICOS [23]

De acuerdo a la norma IEEE Std.519.1992 los principales generadores de armónicos se los pueden ubicar en las siguientes categorías:

### 2.3.1 DISPOSITIVOS DEL TIPO ELECTRÓNICA DE POTENCIA



*Figura 2.7 Elementos de electrónica de Potencia que contribuyen en la generación de armónicos.*

El estudio de armónicos de este tipo de dispositivos puede ser realizado de forma matemática, teniendo así un estudio teórico del contenido armónico generado.

### 2.3.2 CONVERTIDORES [24]

Los convertidores cambian la forma de la energía eléctrica de una a otra usando semiconductores como elementos activos en el proceso de conversión. Este tipo de carga produce armónicos cuando funcionan de manera normal.

La mayor parte de los conversores electrónicos de potencia empleados en distintos varios sistemas pueden incrementar las perturbaciones por armónicos aportando corrientes armónicas directamente a la red. (Figura 2.8)

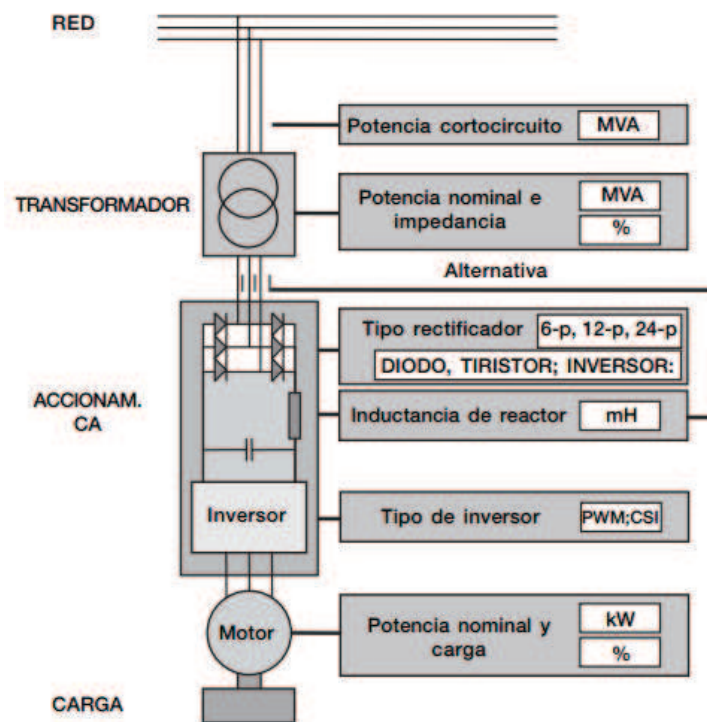


Figura 2.8 Características del sistema de convertidores que afectan a la contribución de armónicos

Dentro de los convertidores más conocidos se tiene a los rectificadores e inversores.

La Figura 2.9 muestra cómo los armónicos de corriente  $i_h$  afectan al voltaje de alimentación  $v(t)$  por medio de la corriente de entrada  $i_s$  de un convertidor electrónico de potencia.

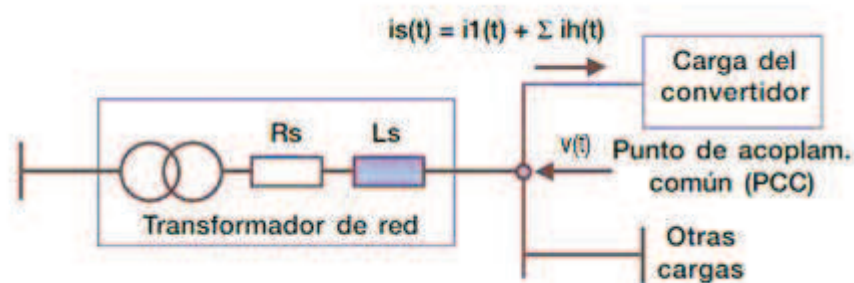


Figura 2.9 Planta con carga del convertidor, transformador de red y otras cargas

La corriente de red de un rectificador puede calcularse a partir de la salida de corriente mediante la ecuación (2.1):

$$I_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} * I_d \quad (2.1)$$

donde

$I_1$  = corriente de red fundamental

$I_d$  = salida de corriente continua del rectificador

Desde el punto de vista teórico en el que la corriente de salida puede estimarse como corriente continua pura, las frecuencias de corrientes armónicas de un rectificador trifásico de 6 pulsos es  $n$  veces la frecuencia fundamental 60 Hz.

Los números de orden  $n$  se calculan mediante la ecuación (2.2):

$$n = 6 * k \pm 1, \text{ donde } k = 1, 2, 3, \dots \quad (2.2)$$

Y los valores eficaces de dichas componentes armónicas son:

$$I_{ni} = \frac{I_1}{n} \quad (2.3)$$

La Figura 2.10 muestra las dos variables juntas.

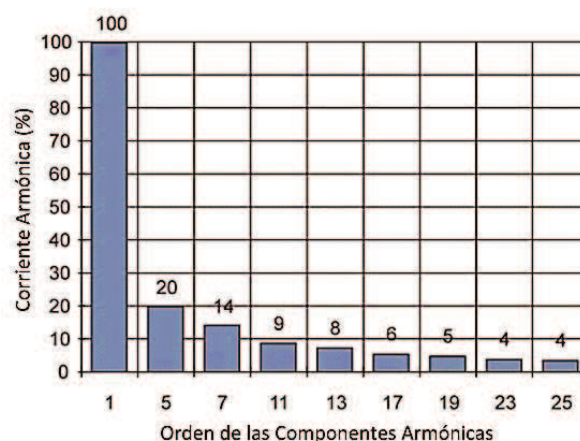
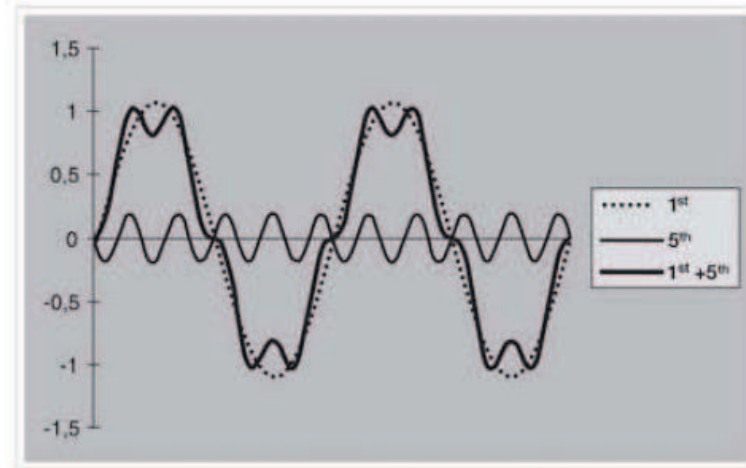


Figura 2.10 Contenido armónico de un rectificador de 6 pulsos

El principio de como las componentes armónicas se suman a la fundamental se muestra en la Figura 2.11 en la distorsión por 5° armónico.



*Figura 2.11 Corriente total como suma de la fundamental y el 5° armónico*

El circuito rectificador más común en los convertidores de corriente alterna trifásicos es un puente de diodos de 6 pulsos. Consta de seis rectificadores o diodos no controlables y un inductor, que junto a un capacitor forman un filtro paso bajos para filtrar continuamente la corriente. El inductor puede hallarse en la etapa de corriente continua, corriente alterna o puede dejarse completamente en el exterior.

El rectificador de 6 pulsos es sencillo y barato pero genera una gran cantidad de armónicos del orden bajo 5°, 7° y 11°, especialmente con una inductancia de filtrado reducido.

Las Figura 2.12 y 2.13 muestran las formas de onda y los porcentajes de Distorsión Armónica Total de Corriente (THD) que se obtienen con el uso de algunos rectificadores. En varios casos donde la mayor parte de la carga son rectificadores de 6 pulsos se debe hacer un sobredimensionamiento del transformador de alimentación para cumplir las normas de calidad.

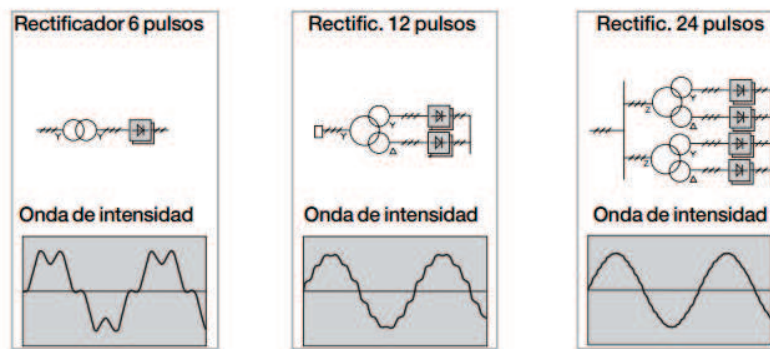


Figura 2.12 Distorsión de la corriente con diversos arreglos de rectificadores

Tipo de alimentac.	THD de corriente (%)	THD de voltaje (%) RSC=20	THD de voltaje (%) RSC=100
Rectificador de 6 pulsos	30	10	2
Rectificador de 12 pulsos	10	6	1,2
Unidad de alimentación IGBT	4	8	1,8
Distorsión en % de valores eficaces			

Figura 2.13 Ejemplo de distorsión en distintos tipos de unidades de alimentación

El contenido armónico típico para cada caso, Figura 2.14 tiene valores dependientes del tipo de acoplamientos de cada arreglo de rectificadores, teniendo en cuenta que, a mayor reducción de distorsión armónica mayor costo de inversión.

RECTIFICADOR DE 6 PULSOS SIN INDUCTOR						
Coste de fabricación del 100%						
Componentes de corriente de armónicos típicos						
Fundamental	5'	7'	11'	13'	17'	19'
100%	63%	54%	10%	6,1%	6,7%	4,8%

RECTIFICADOR DE 6 PULSOS CON INDUCTOR						
Coste de fabricación del 120%. Reactancia de CA y CC añadida						
Componentes de corriente de armónicos típicos						
Fundamental	5'	7'	11'	13'	17'	19'
100%	30%	12%	8,9%	5,6%	4,4%	4,1%

RECTIFICADOR DE 12 PULSOS CON TRANSFORMADOR POLYCON						
Coste de fabricación del 200%						
Componentes de corriente de armónicos típicos						
Fundamental	5'	7'	11'	13'	17'	19'
100%	11%	5,8%	6,2%	4,7%	1,7%	1,4%

RECTIFICADOR DE 12 PULSOS CON TRANSFORMADOR DE BOBINADO DOBLE						
Coste de fabricación del 210%						
Componentes de corriente de armónicos típicos						
Fundamental	5'	7'	11'	13'	17'	19'
100%	3,6%	2,6%	7,5%	5,2%	1,2%	1,3%

RECTIFICADOR DE 24 PULSOS CON 2 TRANSFORMADORES DE DOBLE SECUNDARIO						
Coste de fabricación del 250%						
Componentes de corriente de armónicos típicos						
Fundamental	5'	7'	11'	13'	17'	19'
100%	4,0%	2,7%	1,0%	0,7%	1,4%	1,4%

RECTIFICADOR IGBT ACTIVO						
Coste de fabricación del 250%. No es significativo si aún así se requiere frenado eléctrico.						
Componentes de corriente de armónicos típicos						
Fundamental	5'	7'	11'	13'	17'	19'
100%	2,6%	3,4%	3,0%	0,1%	2,1%	2,2%

Figura 2.14 Componentes de corrientes armónicas típicas [24]

### 2.3.3 COMPENSADORES ESTÁTICOS DE VARES

El compensador estático de vares es un reactor controlado por tiristor (TCR) cuyas principales aplicaciones son:

- Compensador paralelo estático (en hornos de arco)
- Mantener niveles de voltaje
- Reducir fluctuaciones de voltaje (en hornos de arco)
- Mejorar el factor de potencia
- Corregir desbalance de fases
- Mejorar estabilidad de un sistema de potencia.



Los armónicos son introducidos en el momento en que la corriente del reactor retrasa al voltaje en casi  $90^\circ$ . El retardo de disparo de los tiristores no solo reduce la magnitud de la corriente, sino que también la deforma. Cabe mencionar que a pesar de esto la forma de onda de la corriente de conducción total es senoidal. El tipo de armónicos generados son de orden impar.

*Tabla 2.1 Máximas amplitudes de armónicos de corriente en TCR [23]*

1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
100	(13,78)	5,05	2,59	(1,57)	1,05	0,75	(0,57)	0,44	0,35	(0,29)	0,24	0,20

La Tabla 2.1 presenta un ejemplo de porcentajes máximos de armónicos. Los valores entre paréntesis son “triplens” que se presentan solo en la corriente de fase en condiciones balanceadas, sin embargo en una aplicación típica de hornos de arco, donde la condición de desbalance se encuentra presente en el período de arco inestable, algunos “triplens” aparecen en las corrientes de línea, como la suma de fasores de armónicos de fase en el propio dominio armónico.

#### **2.3.4 INVERSORES PARA GENERACIÓN DISTRIBUIDA**

Aparecen debido a la necesidad de crear energías alternas a las convencionales, teniendo así que crear acondicionadores de potencia o inversores (monofásicos y trifásicos), los mismos que pueden dar una señal sinusoidal limpia y un factor de potencia cercano a uno, o por lo contrario, introduciendo armónicos característicos y no característicos y un factor de potencia poco aceptable para la compañía distribuidora, llegando a interferir con su sistema de protecciones.

Tanto los inversores monofásicos como trifásicos son causantes de problemas si los armónicos son numerosos además de depender directamente de variables que no pueden ser controladas tales como temperatura, hora del día, clima, envejecimiento de equipos.

### 2.3.5 CONTROLADORES ELECTRÓNICOS DE FASE

Este tipo de control es un caso especial de control electrónico en el cual se usa tiristores, mismos que introducen corrientes armónicas de orden impar con diferentes magnitudes.

### 2.3.6 CICLOCONVERTIDORES

Los armónicos de corriente que producen los cicloconvertidores siguen una expresión compleja que, varía en función de la proporción de frecuencia del cicloconvertidor.

El primer término de la ecuación (2.4) representa las componentes de un convertidor de seis pulsos y el segundo muestra las frecuencias características de la banda lateral del convertidor.

$$f_h = f_1(kq \pm 1) \pm 6 n f_o \quad (2.4)$$

Donde

*f<sub>h</sub>* es la frecuencia armónica impuesta por el sistema AC

*k* y *n* son enteros

*f<sub>o</sub>* es la frecuencia de salida del cicloconvertidor

### 2.3.7 FUENTES CONMUTADAS DE ALIMENTACIÓN

Su uso principal es el suministro de voltaje a ciertos equipos por medio de un capacitor, puesto que es económico y no se ve afectado por pequeños cambios de voltaje dentro de un sistema de potencia.

Debido a que el capacitor suministra voltaje a la carga, la forma de onda de corriente es discontinua, porque el flujo de corriente solo se da a una parte del medio ciclo teniendo así la forma de onda de la Figura 2.15.

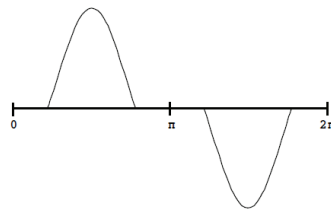


Figura 2.15 Forma de onda de corriente de una fuente conmutada [23]

La Tabla 2.2 muestra el espectro de corriente armónica de la onda.

Tabla 2.2 Espectro típico de una fuente de alimentación conmutada. Norma [23]

ARMÓNICO	MAGNITUD
1	1,000
3	0,810
5	0,606
7	0,370
9	0,157
11	0,024
13	0,063
15	0,079

### 2.3.8 VARIADOR DE MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO (PWM)

Este variador sirve de enlace de corriente continua y posee un rectificador de diodo que genera un gran desplazamiento del factor de potencia además de tener un capacitor que sirve para regular el voltaje de dicho enlace. Por este motivo al tener una carga ligera la corriente solo fluirá cuando por el capacitor se aplique el voltaje de salida del diodo rectificador, teniendo así la forma de onda de la Figura 2.16.

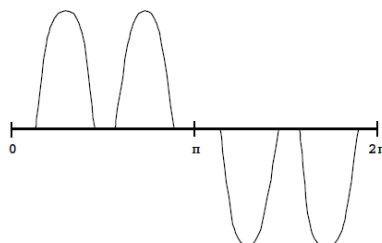


Figura 2.16 Onda de corriente de una fuente de poder PWM de 6 pulsos bajo carga ligera.

Esta forma de onda se genera de manera similar a la de fuente conmutada, salvo que esta pertenece a un circuito trifásico con un alto contenido del 5° armónico de corriente.

### 2.3.9 DISPOSITIVOS DEL TIPO DE ARCO [25]

#### 2.3.9.1 Hornos de Arco

Los armónicos producidos por los hornos de arco eléctrico usados para la producción de acero son impredecibles debido a la variación ciclo a ciclo del arco, particularmente cuando se funde nueva chatarra. La corriente del arco no es periódica, y los análisis revelan un continuo espectro de frecuencias armónicas de órdenes enteros y no enteros. Sin embargo, las mediciones de armónicos han demostrado que las frecuencias armónicas de orden entero, particularmente las de bajo orden (2° armónico hasta 7° armónico), predominan sobre las otras no enteras. Pero a medida que el depósito de fundición del metal se incrementa, el arco se vuelve más estable, produciendo corrientes mucho más uniformes con mucho menos distorsión y menos actividad armónica, logrando así que la corriente se vuelva simétrica alrededor del eje cero, eliminando los órdenes de armónicos pares e impares.



*Figura 2.17 Hornos de Arco y su utilización*

La Tabla 2.3 muestra el contenido armónico típico de corriente del horno de arco cuando se encuentran en dos etapas principales en el proceso de fundición.

Tabla 2.3 Contenido Armónico de Corriente en un Horno de Arco en Dos Fases del Ciclo de Fundición en % de la Fundamental [23]

Condición del Horno	Fundición Inicial ( Arco Activo)	Refinamiento (Arco Estable)
Orden Armónico	2	7,7
	3	5,8
	4	2,5
	5	4,2
	7	3,1

### 2.3.9.2 Lámparas Fluorescentes

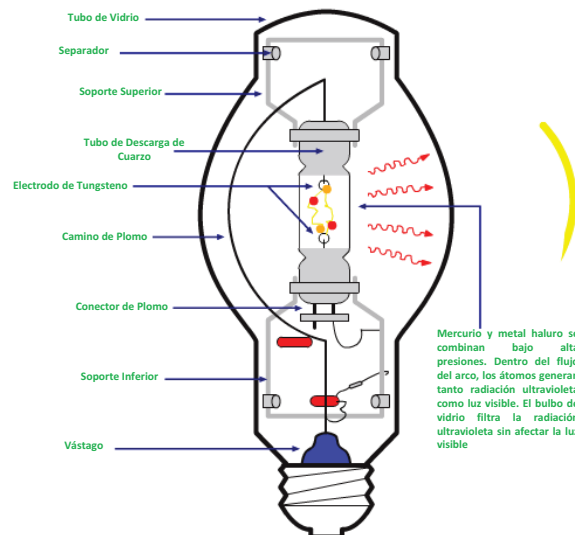


Figura 2.18 Lámparas de descarga gaseosa

Las lámparas fluorescentes, arco de mercurio y sodio de alta presión (lámparas de descarga gaseosa), son considerablemente una fuente de armónicos, por ser carga de tipo no lineal. La tercera armónica es, aparte de la fundamental, la componente más característica, y al ser de secuencia cero fluye por los cables del neutro y tierra en circuitos trifásicos balanceados.

Por otro lado se tiene lámparas incandescentes que no producen armónicos, ya que no utilizan balasto electrónico y su funcionamiento se basa en el calentamiento de un filamento metálico compuesto por tungsteno causando su

calentamiento y por consiguiente disminución de su vida útil. Este tipo de lámparas consumen de 3 a 5 veces más energía que las lámparas fluorescentes.

### 2.3.10 DISPOSITIVOS FERROMAGNÉTICOS (TRANSFORMADORES)

La corriente de magnetización de los transformadores de potencia en un inicio eran una fuente principal de armónicos, sin embargo los transformadores modernos cuando funcionan en estado estable no causan tales efectos, pero en estado transitorio aún siguen aumentando de manera considerable su contribución a la distorsión armónica.



*Figura 2.19 Transformador de Potencia*

Para conocer cómo se produce dicha contribución armónica se debe entender que un voltaje primario senoidal produce un flujo sinusoidal sin carga, ya que éste está prácticamente balanceado por la fuerza contra electromotriz debido al efecto de inductancia de los devanados y la reactancia de dispersión se puede omitir a corrientes bajas. Sin embargo, con un flujo no proporcional (en estado transitorio) a la corriente de magnetización, hace que ésta no sea puramente sinusoidal, y su simétrica juntamente con la saturación del núcleo del transformador contengan armónicas impares, y de ellas los triples se queden atrapadas en la conexión delta, resultando la producción de armónicos de orden 5,7,11,13,17,19,etc.

“La magnitud de los componentes armónicos de la corriente de excitación en presencia de corriente directa en el lado secundario del transformador aumenta casi linealmente con el contenido de corriente directa.” [25].

## 2.4 EFECTOS ARMÓNICOS [23]

En general los armónicos son dañinos de acuerdo a qué tipo de carga afectan directa o indirectamente. La norma IEEE Std.519.1992 clasifica los efectos armónicos por afectación a carga.

### 2.4.1 MOTORES Y GENERADORES

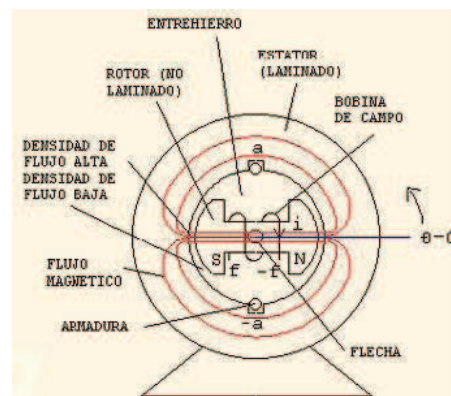


Figura 2.20 Partes de un generador síncrono

Las frecuencias armónicas de voltaje y corriente son las principales causantes de calentamiento debido a pérdidas en el cobre y entrehierro de máquinas de inducción y síncronas, viéndose afectada la eficiencia de la máquina y su torque.

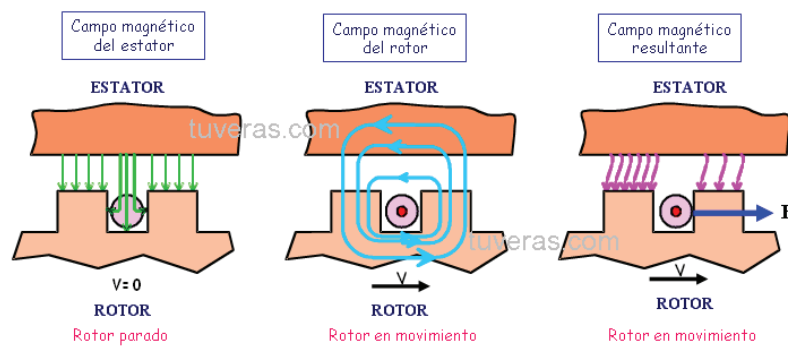


Figura 2.21 Funcionamiento de una Máquina de Inducción

Además de calentamiento en motores de inducción, los armónicos provocan una distribución de flujo resultante en el entrehierro que puede causar o aumentar las

magnitudes de las conocidas muescas o huecos de voltaje (problema para arrancar fácilmente) o arrastre (alto deslizamiento).

Para sistemas como turbina-generador o motor-carga, los grandes esfuerzos mecánicos encontrados suelen ser provocados por la presencia de armónicos impares ( $5^\circ$  y  $7^\circ$  especialmente). Las oscilaciones mecánicas resultan de la interacción de corrientes armónicas y el campo magnético a frecuencia fundamental, cuando el torque del motor oscilante excita a una frecuencia de resonancia mecánica.

El efecto causado por la presencia de armónicos de voltaje de orden  $5^\circ$ ,  $7^\circ$ ,  $11^\circ$  etc., en los terminales de una máquina rotativa inducirá una corriente armónica en el estator de la máquina, cada uno a una secuencia positiva o negativa de la componente simétrica de la corriente total. La corriente inducida causará un calentamiento en el devanado del estator y por consiguiente un aumento en la temperatura provocada por la corriente fundamental.

Por otro lado en el rotor, al combinarse el quinto y séptimo armónico en el estator crean una corriente de sexto armónico en el rotor, siendo los principales efectos el calentamiento resultante y reducciones de torques que afectan directamente a la calidad del producto; viéndose afectada la vida útil y eficiencia de la máquina.

#### **2.4.2 TRANSFORMADORES**

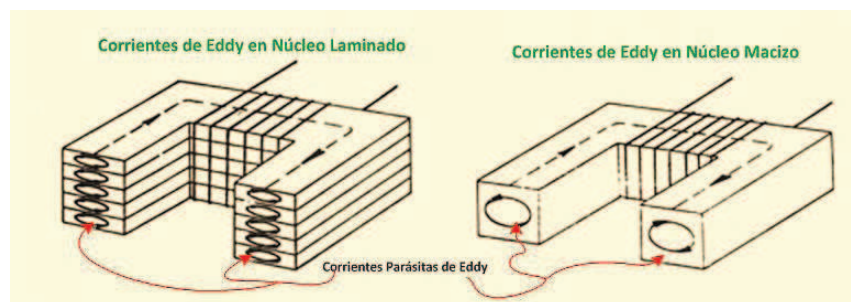
El calentamiento, aparte de ruidos audibles, es el principal efecto notorio causado por la presencia de armónicos, por un lado provocado por las corrientes armónicas que incrementan las pérdidas en el cobre y pérdidas de flujos dispersos y por otro los voltajes armónicos que causan incremento de pérdidas en el hierro.

En cuanto a límites de distorsión armónica que puedan soportar los transformadores, la norma IEEE C57.12.00.1987 menciona como límite de distorsión de corriente un 5% de la cantidad de corriente, y en condiciones extremas la norma recomienda, cuando se encuentra trabajando a máximo



sobrevoltaje eficaz, un porcentaje de distorsión permitida del 5% con carga y del 10% sin carga.

Gran parte de las pérdidas en los transformadores ocasionadas por corrientes y voltajes armónicos, son dependientes de la frecuencia; por lo tanto, las altas frecuencias armónicas son más importantes de analizar que las bajas, ya que a medida que aumentan las pérdidas aumentan también las frecuencias.

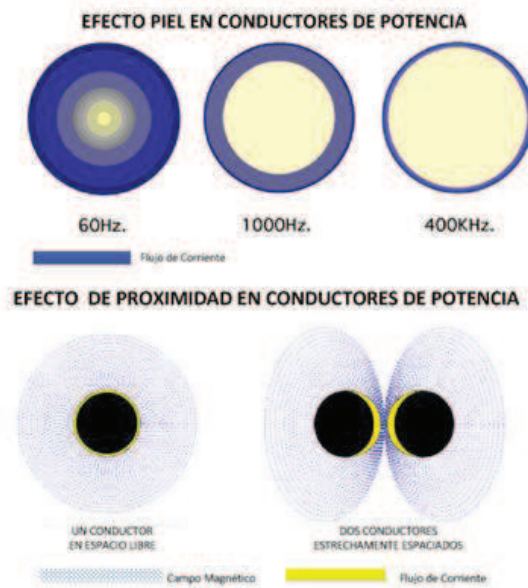


*Figura 2.22 Corrientes parasitas en el núcleo de un transformador*

Uno de los principales factores a tomar en cuenta para el aumento de la frecuencia es la aparición de corriente parásita de Eddy debido al flujo electromagnético parásito en ciertas partes estructurales del transformador, que hace aumentar su temperatura en proporción al cuadrado de la corriente de carga y al cuadrado de la frecuencia.

### 2.4.3 CONDUCTORES DE POTENCIA

Aparte del calentamiento normal que sufren los conductores usados en grandes potencias existe un calentamiento adicional, por encima del esperado para el valor eficaz de la forma de onda en condiciones normales, que aumenta a medida que aparece un flujo de corriente no sinusoidal. La presencia de armónicos de alta frecuencia produce dos fenómenos conocidos como efecto piel) y efecto de proximidad que aumentan el valor de la resistencia efectiva de corriente alterna, en proporción directa a las corrientes de alta frecuencia, y por consecuencia aumentan las pérdidas.



*Figura 2.23 Efecto Piel y Efecto de Proximidad en Conductores de Potencia*

#### 2.4.4 CAPACITORES

Los capacitores dentro de un sistema de potencia actúan como carga para corrientes armónicas altas, incrementando el calentamiento y esfuerzo dieléctrico. Además, la conmutación frecuente de componentes magnéticos no lineales aumentan las corrientes armónicas uniéndose a la carga de los capacitores.

La consecuencia directa de estos efectos es la disminución de la vida útil de los capacitores.

#### 2.4.5 EQUIPO ELECTRÓNICO

El mal funcionamiento de equipos electrónicos por efectos armónicos depende, en ciertos casos, de los cruces por cero de las formas de onda de voltaje usadas en control de circuitos electrónicos, y otros se ven afectados por la transmisión de armónicos de corriente alterna a través de su propia fuente de alimentación o por el acoplamiento armónico en los mismos componentes del equipo.

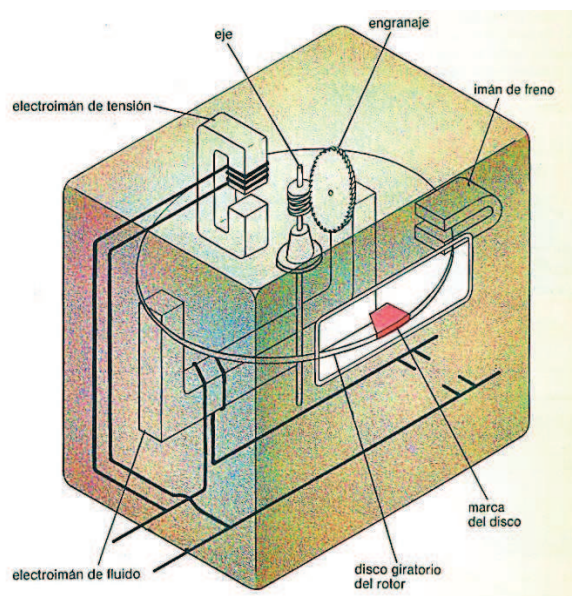
Los equipos afectados por efectos de distorsión armónica tienen un mal funcionamiento, dando datos erróneos y funcionando impredeciblemente como en equipamiento médico. Sin graves efectos, la distorsión armónica en equipos de

radio, televisión video grabadores y sistemas de reproducción de audio también suele ser notable.

Mientras más equipos electrónicos existan en un sistema de distribución (en bajo voltaje), mayor suele ser la aparición de muestas, que introducen al sistema armónicos característicos y no característicos. Estos armónicos se ubican en el rango de radio frecuencias (RF) y causan interferencias en circuitos lógicos o de comunicación y efectos asociados a RF falsas. En muchas ocasiones las muestas suelen causar sobrecarga de filtros por interferencia electromagnética, y de manera similar afectan a la sensibilidad de circuitos capacitivos.

#### 2.4.6 MEDIDORES

Estos equipos se ven afectados solo si la distorsión armónica sobre pasa niveles del 20%, en este caso debe ser analizado el tipo de medidor ya que los que utilizan discos de inducción usan la corriente fundamental pura, caso contrario ocasionan errores severos de medición.



*Figura 2.24 Partes de un Medidor Eléctrico*

### 2.4.7 EQUIPO ELÉCTRICO DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN

La reducción de capacidad de protección y maniobra por el desgaste de algunos componentes aislantes ocasionados por el calentamiento es el principal efecto que causan los armónicos. En general resulta un tanto difícil predecir el comportamiento de los relés de protección cuando existe una forma de onda de corriente distorsionada debido a su variedad en marcas, fabricantes y tipos.



*Figura 2.25 Equipo Eléctrico de Protección y Maniobra*

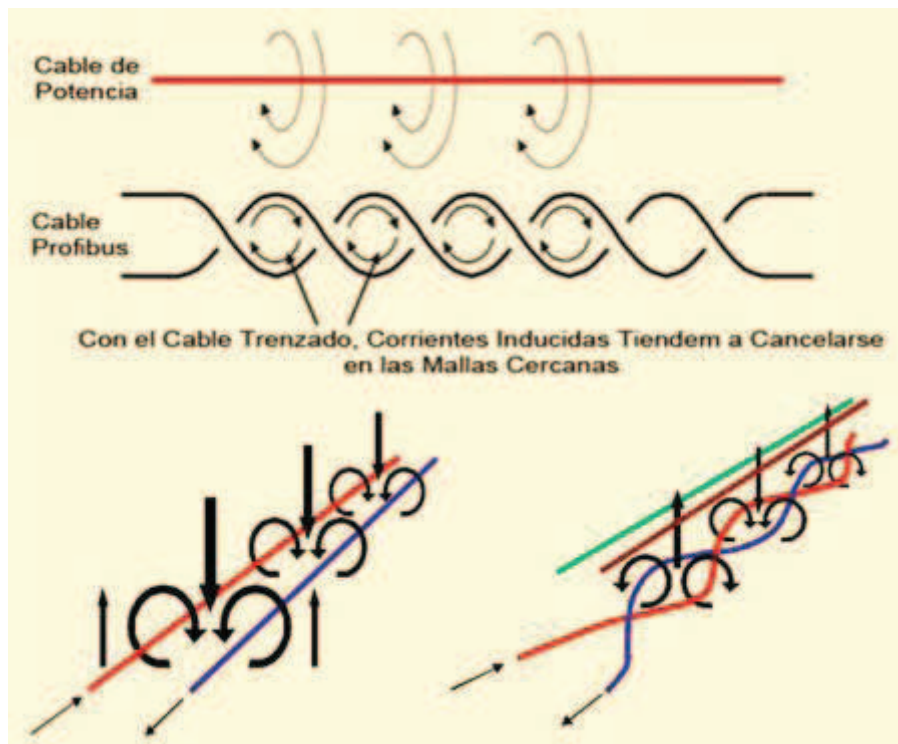
De acuerdo a estudios realizados, algunos de los efectos encontrados en relés son los siguientes:

- Muestran tendencia a operar lentamente en presencia de valores picos altos en lugar de operar más rápidamente con valores picos bajos.
- Los relés estáticos de baja frecuencia son susceptibles a sustanciales cambios en las características de operación.
- Existen cambios en las características de operación que llegan a un rango moderado de 5% de distorsión, esperado en operación normal.
- La operación de torsión de los relés a veces cambia, dependiendo del contenido armónico,
- Los relés que transmiten una impedancia balanceada a veces emiten altos o bajos valores, dependiendo de la magnitud de la distorsión.
- Los relés diferenciales se ven afectados en la velocidad de respuesta ante fallas que son confundidas con distorsiones en el sistema, llegando hasta fijarse y no dar protección.

- El mal funcionamiento de los equipos de maniobra y protección en su mayoría se da cuando existe un nivel de distorsión alto (de 10 a 20%) considerando que en la actualidad la tecnología de su construcción hace que solo respondan a valores rms.

#### 2.4.8 INTERFERENCIA TELEFÓNICA

La presencia de voltajes o corrientes armónicas asociadas a circuitos con aparatos convertidores de potencia producen un campo magnético y eléctrico que puede perjudicar el buen funcionamiento de sistemas de comunicación que por su susceptibilidad y cercanía se ven afectados con perturbaciones en la comunicación a frecuencias de voz.



*Figura 2.26 Efecto de par trenzado en cables de comunicación*

En circuitos telefónicos la afectación resulta de su susceptibilidad a las corrientes armónicas de retorno por el neutro teniendo como solución el uso de cables de par trenzado, donde la inducción de voltajes y corrientes armónicas, en diversos sentidos, se anulan.

#### **2.4.9 CONVERTIDORES ESTÁTICOS DE POTENCIA**

A pesar de que los convertidores de potencia estáticos son los principales causantes de la presencia de armónicos en los sistemas de potencia, también se ven afectados ya sea por su propio reflejo o por otras fuentes de armónicos que, generalmente, son convertidores similares ubicados en paralelo a la fuente de corriente alterna.

Los convertidores, tales como inversores y rectificadores, también se ven afectados porque tienen circuitos capacitivos adicionales que son sometidos a esfuerzos térmicos de corrientes armónicas. La mayor parte de los convertidores para su control usan características de las fuentes de corriente alterna que los alimenta, cruce por cero, que de verse afectadas por una gran distorsión armónica pueden fallar al encender, fallar al conmutar, generar armónicos no característicos y hasta destruir elementos de su propio circuito.

## CAPÍTULO 3

### MEDICIÓN DE DISTORSIÓN ARMÓNICA EN LAS CENTRALES DE GENERACIÓN ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2 DE ELEPCO S.A.

Este capítulo tiene por objetivo presentar el desarrollo de las mediciones de distorsión armónica realizadas en las Centrales Hidroeléctricas Illuchi 1 e Illuchi 2, localizadas cerca de la ciudad de Latacunga, por medio de un equipo especializado en el análisis de calidad eléctrica basado en la norma IEEE Std.519.

Cabe recalcar que en el presente proyecto de titulación no se realiza un análisis de calidad de energía, únicamente contiene un análisis de la distorsión armónica en las centrales de generación antes mencionadas, por lo cual, solo se trabaja con los datos estrictamente necesarios para su desarrollo.

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO POWER EXPLORER (PX5) [26] [27] [28]



*Figura 3.1 Analizador de Redes - Power Explorer PX5*

El equipo **PX5** de la línea Dranetz, es un medidor de calidad de energía eléctrica portátil, de uso manual, diseñado para cumplir como equipo de medida clase A, tanto con la norma IEEE 1159 como con la IEC 61000-4-30.

Dispone de un programa estático llamado Quality of Suply (QOS) para monitorear perturbaciones y eventos mediante un conjunto de protocolos para determinar las medidas de voltaje con la precisión requerida por la norma EN50160.

### 3.1.1 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

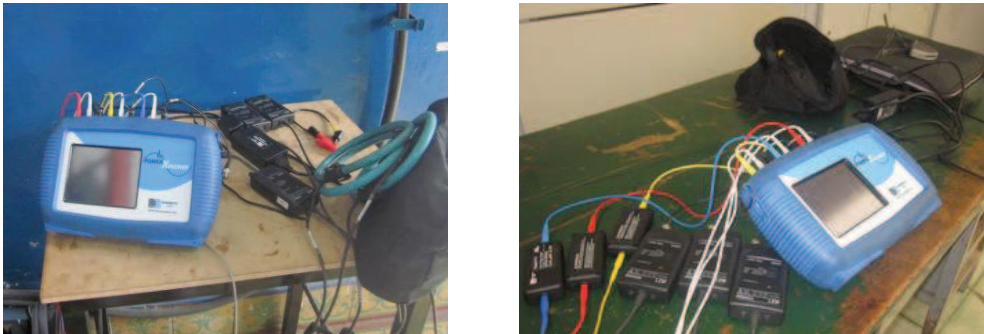
Las principales características del PX5 son:

- Ocho canales, 4 de voltaje y 4 de corriente
- Pantalla táctil a color de cristal líquido (LCD) de 1/4 VGA
- Peso ligero, menor a 2 kg y de reducidas dimensiones
- Con cubierta de goma resistente
- Con aplicaciones AC / DC
- Voltaje y corriente de disparo independiente
- De alta velocidad de muestreo (toma 256 muestras / ciclo; rms calculado en pasos de 1/2 ciclo) y captura de datos (1 microsegundo / canal)
- Osciloscopio de alta velocidad como la detección de transitorios
- Caracterización detallada del evento variaciones RMS y transitorios THD (espectro armónico) y TID (espectro de interarmónicos) hasta el orden 63
- Control remoto con comunicaciones RS-232, Ethernet o USB
- Paquete de baterías recargables y fuente de alimentación normal y adaptador AC
- Soporta memoria Compact Flash de 32 MB hasta 128 MB
- Descarga de datos por medio de software DRAN-VIEW (Windows 2000, XP, Vista, 7)
- Cumple con IEEE 1159, IEEE 519, IEEE 1453
- Cumple con la norma IEC 61000-4-30 Clase A y EN50160
- Medidas de parpadeo según IEC 61000-4-15; mide los armónicos eléctricos según IEC 61000-4-7



## 3.2 MONTAJE DE EQUIPO

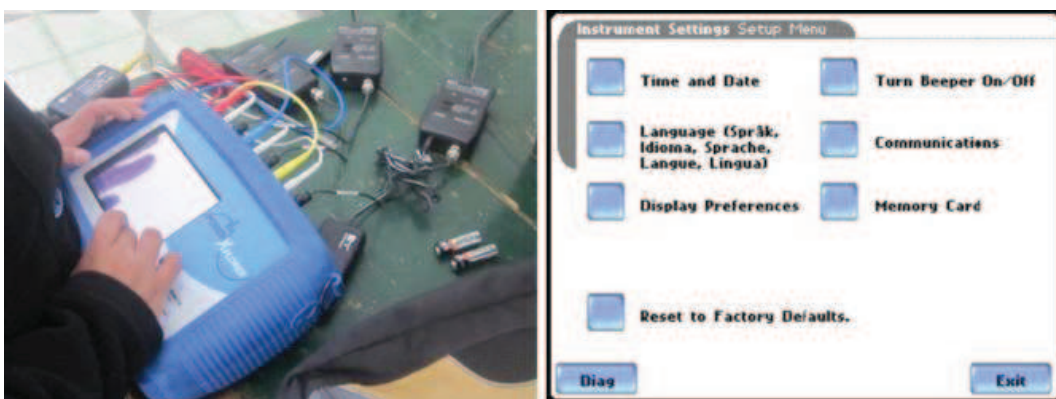
Tomando en cuenta las recomendaciones del manual de usuario se procede a realizar el montaje del equipo en un lugar que cumpla con los requerimientos básicos y adecuados para mantener funcionando durante el tiempo necesario para obtener un registro de armónicos en ambas centrales de generación.



*Figura 3.2. Montaje de equipo – Central Hidroeléctrica Illuchi 1 e Illuchi 2*

### 3.2.1 CONFIGURACIÓN PRINCIPAL DEL EQUIPO

Siguiendo paso a paso la configuración del equipo, se actualizan algunos de los parámetros encontrados en la Figura 3.3 además de calibrar la pantalla táctil para tener una mejor sensibilidad al momento de manejar las mediciones en tiempo real.



*Figura 3.3 Configuración y pantalla de ajuste y calibración principal del equipo*

Tomando en cuenta que los parámetros programados en el equipo sirven de referencia para toda medición grabada en la tarjeta de memoria extraíble, se

continúa con la configuración del monitoreo de los parámetros para su posterior análisis.

### 3.2.2 CONFIGURACIÓN DEL MONITOREO

Por medio de una serie de pantallas que solicitan la información del circuito a ser monitoreado, el equipo detecta automáticamente los canales usados, configura los umbrales de los parámetros y la captura de formas de onda, dependiendo de cada circuito y la toma de valores nominales de voltaje y corriente. (Valores que pueden ser cambiados manualmente por el usuario ajustándose a sus requerimientos en Opciones Avanzadas).

La configuración paso a paso permite la elección de cada elemento que intervendrá durante el monitoreo. A continuación se detalla cada una de las configuraciones utilizadas para las mediciones en las centrales.

#### 3.2.2.1 Selección de las Pinzas de Corriente

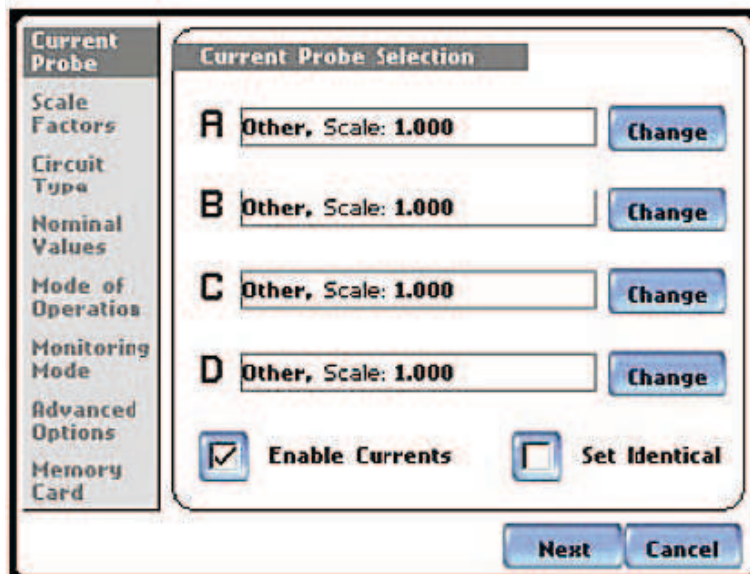


Figura 3.4 Pantalla de selección de pinzas de corriente

Para este caso se hizo la selección de la pinzas de corriente LEM~ flex RR3035A con regulaciones de 30A, 300A, 3000A. (Figura 3.5)



Figura 3.5 Pinzas de corriente usadas en las mediciones

### 3.2.2.2 Selección del Factor de Escala

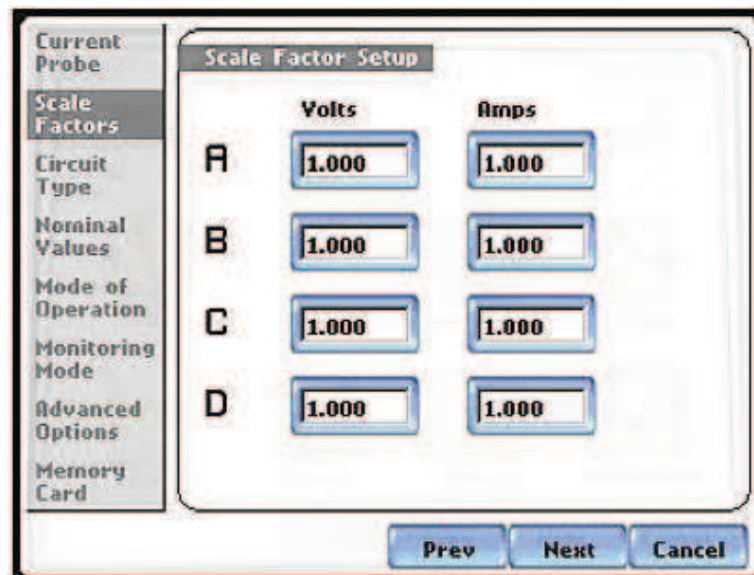


Figura 3.6 Pantalla de selección de factor de escala

En primera instancia la calibración del factor de escala tanto para voltaje como corriente se toma como UNO para obtener los valores con los cuales se hace una simple división entre valores referenciales de medidores de cada grupo generador y los medidos con escala de uno en el analizador, teniendo así como resultado un factor de escala para la Central Illuchi 1 de 11 en voltaje y 1 para corriente; y, para la Central Illuchi 2 de 12 en voltaje y 1 para corriente.

### 3.2.2.3 Selección del Tipo de Circuito

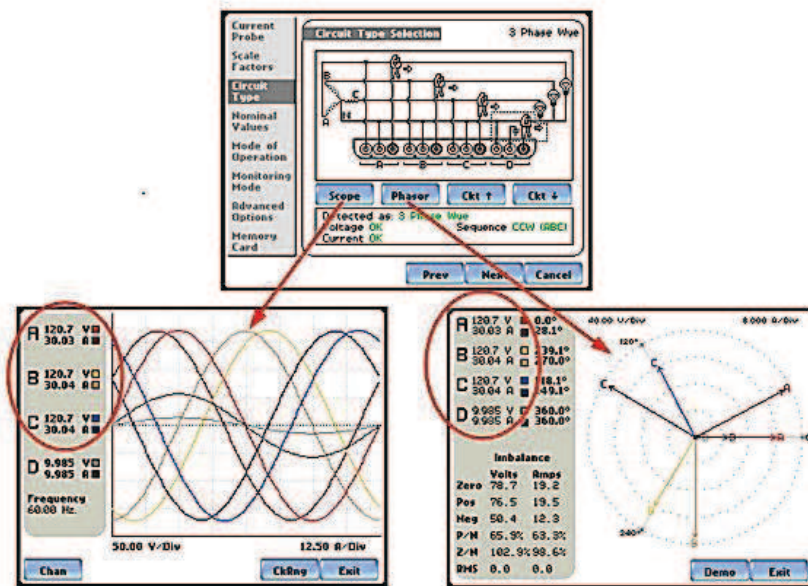


Figura 3.7 Tipo de circuito - Funciones de osciloscopio y fasores

La configuración para el monitoreo de las señales de voltaje y corriente elegida es: 3 Fases, Estrella Cuatro Hilos (Figura 3.7 y 3.8), en la que se utilizan tres canales A, B, C con conexión de neutro común (referencia para los tres canales). A pesar de mostrar en la figura la conexión del canal D, usada para tomar mediciones del neutro a tierra, no es indispensable.

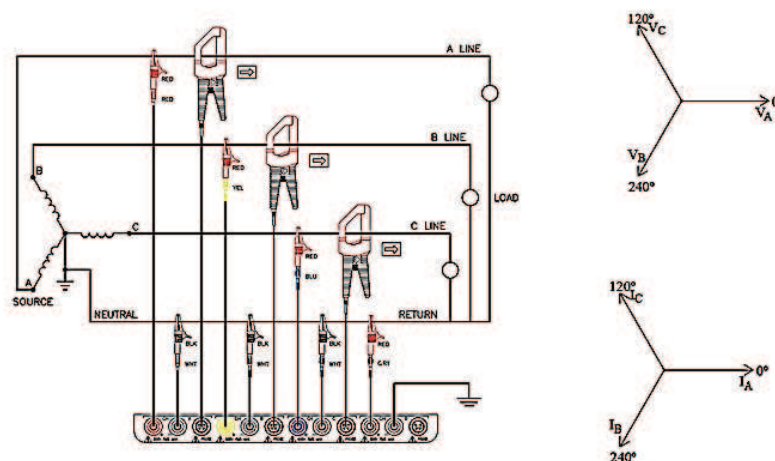
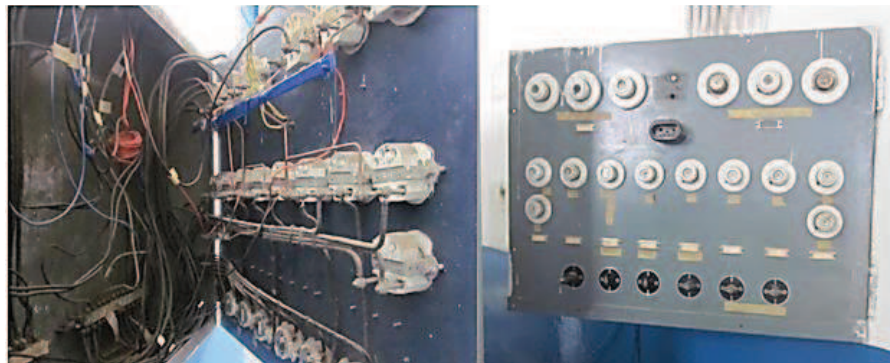


Figura 3.8 Diagrama de conexión y fasoriales: 3 fases, estrella cuatro hilos.

Para lograr una medición adecuada en cada central se eligen los siguientes puntos de conexión:

#### 3.2.2.3.1 Central de Generación Illuchi 1

- Punto de Conexión de Voltaje: Acometida Transformador de servicios auxiliares
- Punto de Conexión de Corriente: Grupo Generador 4



*Figura 3.9 Punto de conexión- Voltaje Illuchi 1*

#### 3.2.2.3.2 Central de Generación Illuchi 2

- Punto de Conexión de Voltaje: Transformador de servicios auxiliares
- Punto de Conexión de Corriente: Grupo Generador 1



*Figura 3.10 Punto de conexión- Voltaje Illuchi 2*

Con el fin de continuar con la calibración del equipo y que registre valores similares a los marcados en los medidores analógicos y digitales de ambas centrales de generación, se toma valores de voltaje, corriente, potencias y factor

de potencia mostrados en la Tabla 3.1 y 3.2, y valores de voltaje y corriente con el PX5, mediante la ayuda de la función OSCILOSCOPIO (Tabla 3.3 y 3.4).

*Tabla 3.1 Medición N° 1 - Illuchi 1 e Illuchi 2*

S/E	V(kV)			I(A)			P (kW)	Q (kVAr)	fp
	Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	Fase C			
<b>ILLUCHI 1</b>	1498	1482	1473	180	177	176	807	276	0,93
<b>ILLUCHI 2</b>	1381	1445	1405	518	522	510	1600	1100	0,78

*Tabla 3.2 Medición N° 2 - Illuchi 1 e Illuchi 2*

S/E	V(kV)			I(A)			P (kW)	Q (kVAr)	fp
	Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	Fase C			
<b>ILLUCHI 1</b>	1509	1498	1483	309	307	299	1360	129	0,97
<b>ILLUCHI 2</b>	1409	1431	1472	349	357	342	1160	948	0,83

*Tabla 3.3 Medición del PX5 N° 1 - Illuchi 1 e Illuchi 2*

S/E	V(kV)			I(A)		
	Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	Fase C
<b>ILLUCHI 1</b>	1366,5	1379,2	1371,8	197,46	190,43	195,02
<b>ILLUCHI 2</b>	1377,5	1375,5	1384,6	411,9	419,5	428,7

*Tabla 3.4 Medición del PX5 N° 2 - Illuchi 1 e Illuchi 2*

S/E	V(kV)			I(A)		
	Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	Fase C
<b>ILLUCHI 1</b>	1517,7	1477,7	1406,5	263,21	271,5	276,9
<b>ILLUCHI 2</b>	1425,3	1429,3	1435,0	347,5	346,2	359,1

#### 3.2.2.4 Valores Nominales

Los valores nominales calculados por el PX5 para frecuencia, voltaje y corriente son mostrados en la pantalla. Estos valores son las bases para la programación de los umbrales y otros parámetros para las mediciones realizadas en las centrales de generación.

Tabla 3.5 Configuración de datos de entrada nominales

PARÁMETRO	ILLUCHI 1		ILLUCHI 2	
	Medición 1	Medición 2	Medición 1	Medición 2
<b>Frecuencia (Hz)</b>	60	60	60	60
<b>Voltaje (V)</b>	1412,4	1508,7	1401,8	1429,2
<b>Corriente (A)</b>	188,4	306,6	504,4	359,4

### 3.2.2.5 Selección del Modo de Operación

El instrumento es calibrado para continuar y establecer límites para registrar eventos y datos estadísticos. (Figura 3.11)

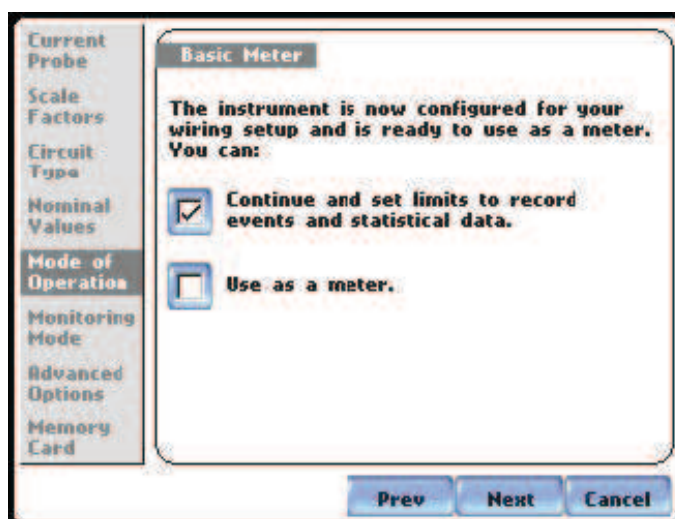


Figura 3.11 Pantalla de selección para modo de operación

### 3.2.2.6 Selección del Modo de Monitorización

Para efecto de este proyecto de titulación se elige el modo de monitoreo: **Análisis de Calidad Estándar, Demanda, Energía**, a fin de tomarlos datos utilizando parámetros de análisis de calidad de la energía con numerosas condiciones de disparo (Figura 3.12).

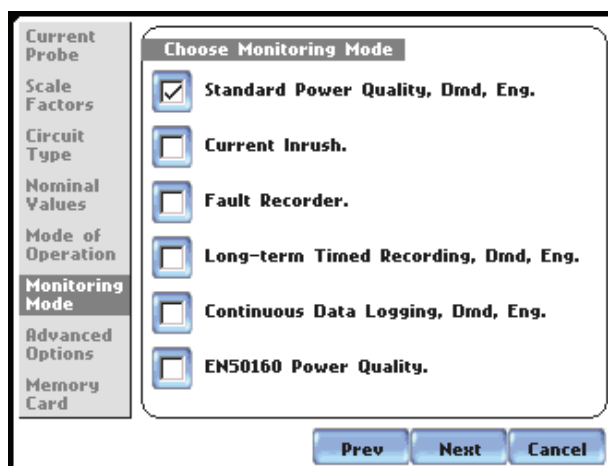


Figura 3.12 Pantalla de selección para modo de monitoreo

### 3.2.2.7 Opciones Avanzadas

Los umbrales para capturar eventos están programados de acuerdo al modo de monitoreo elegido y se ajustan a las características de fábrica propias del instrumento o pueden ser modificados para adaptarlos a las necesidades propias de la aplicación.

Para el caso de armónicos se debe adaptar los siguientes parámetros:

- Captura de Forma de Onda: Voltaje y Corriente canales A, B, C.
- Límites de Lecturas Diaria(Automática): Lista Estándar (Armónicos) y Distorsión

#### Distorsión Armónica - Central de Generación Illuchi 1

Voltaje THD_FUND:	Muy Alto: 8	Alto: 5	Bajo: - -
Corriente THD_FUND:	Muy Alto: 20	Alto: 15	Bajo: 8
VoltajeTHD_RSS:	Muy Alto: 20	Alto: 10	Bajo: 5
Corriente THD_RSS:	Muy Alto: 20	Alto: 15	Bajo: 5

#### Distorsión Armónica- Central de Generación Illuchi 2

Voltaje THD_FUND:	Muy Alto: 8	Alto: 5	Bajo: - -
Corriente THD_FUND:	Muy Alto: 20	Alto: 15	Bajo: 5
VoltajeTHD_RSS:	Muy Alto: 20	Alto: 18	Bajo: 5
Corriente THD_RSS:	Muy Alto: 18	Alto: 10	Bajo: 5



- Intervalos Diarios (Lectura Automática):

### Centrales de Generación Illuchi 1 e Illuchi 2

Voltaje: cada 10 minutos

Intensidad: cada 10 minutos

Armónicos: cada 5 minutos

#### 3.2.2.8 Tarjeta de Memoria

La tarjeta de memoria debe ser capaz de soportar el tiempo deseado de monitoreo programado.

### 3.2.3 TIEMPOS DE MONITOREO

Para comenzar el monitoreo se definen los tiempos de inicio y final

#### ILLUCHI 1

MEDICIÓN N° 1			MEDICIÓN N°2		
Iniciar al:	Dic 28 12	11:12:00	Iniciar al:	Ene 28 13	12:55:00
Terminar al:	Dic 28 12	11:38:00	Terminar al:	Ene 29 13	12:00:00

#### ILLUCHI 2

MEDICIÓN N° 1			MEDICIÓN N°2		
Iniciar al:	Dic 27 12	15:10:00	Iniciar al:	Ene 29 13	13:35:00
Terminar al:	Dic 28 12	07:30:00	Terminar al:	Ene 30 13	07:30:00

Terminada la configuración y ajustando los valores de calibración con los reales, en cada central de generación, se inicia el registro de armónicos.

### 3.3 RESULTADOS OBTENIDOS

Al final del tiempo de programación de resultados para ambas mediciones, en las Centrales de Generación Illuchi 1 e Illuchi 2, se tienen los valores individuales de armónicos de orden 3°, 5° y 7° en voltios y amperios (Anexo B, B.1). Además de

Distorsión Armónica Total (THD) de Voltaje y Corriente (Anexo C) expresados en porcentaje de la fundamental (%FUND).

### 3.3.1 RESULTADOS CENTRAL HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 1

Las Tablas 3.6 y 3.7 presentan un resumen de los THD de voltaje y corriente máximos encontrados en Illuchi 1.

*Tabla 3.6 Porcentajes de THD de voltaje Illuchi 1.*

<b>N° MEDICIÓN</b>	<b>Fase A (%FUND)</b>	<b>Fase B (%FUND)</b>	<b>Fase C (%FUND)</b>
<b>1</b>	1,8	1,8	1,8
<b>2</b>	2,1	2,0	2,1

*Tabla 3.7 Porcentajes de THD de corriente Illuchi 1.*

<b>N° MEDICIÓN</b>	<b>Fase A (%FUND)</b>	<b>Fase B (%FUND)</b>	<b>Fase C (%FUND)</b>
<b>1</b>	4,7	4,9	4,4
<b>2</b>	5,4	5,2	4,7

### 3.3.2 RESULTADOS CENTRAL HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 2

Las Tablas 3.8 y 3.9 presentan un resumen de los THD de voltaje y corriente máximos encontrados en Illuchi 2.

*Tabla 3.8 Porcentajes de THD de voltaje Illuchi 2.*

<b>N° MEDICIÓN</b>	<b>Fase A (%FUND)</b>	<b>Fase B (%FUND)</b>	<b>Fase C (%FUND)</b>
<b>1</b>	1,5	1,7	1,3
<b>2</b>	1,5	1,4	1,4

*Tabla 3.9 Porcentajes de THD de corriente Illuchi 2.*

<b>N° MEDICIÓN</b>	<b>Fase A (%FUND)</b>	<b>Fase B (%FUND)</b>	<b>Fase C (%FUND)</b>
<b>1</b>	3,0	2,1	2,6
<b>2</b>	1,7	1,9	1,7

Además de valores se pueden apreciar las formas de onda distorsionada que afectan a las Centrales Illuchi 1 e Illuchi 2 en las Figura 3.13 y 3.14 y en el Anexo D.

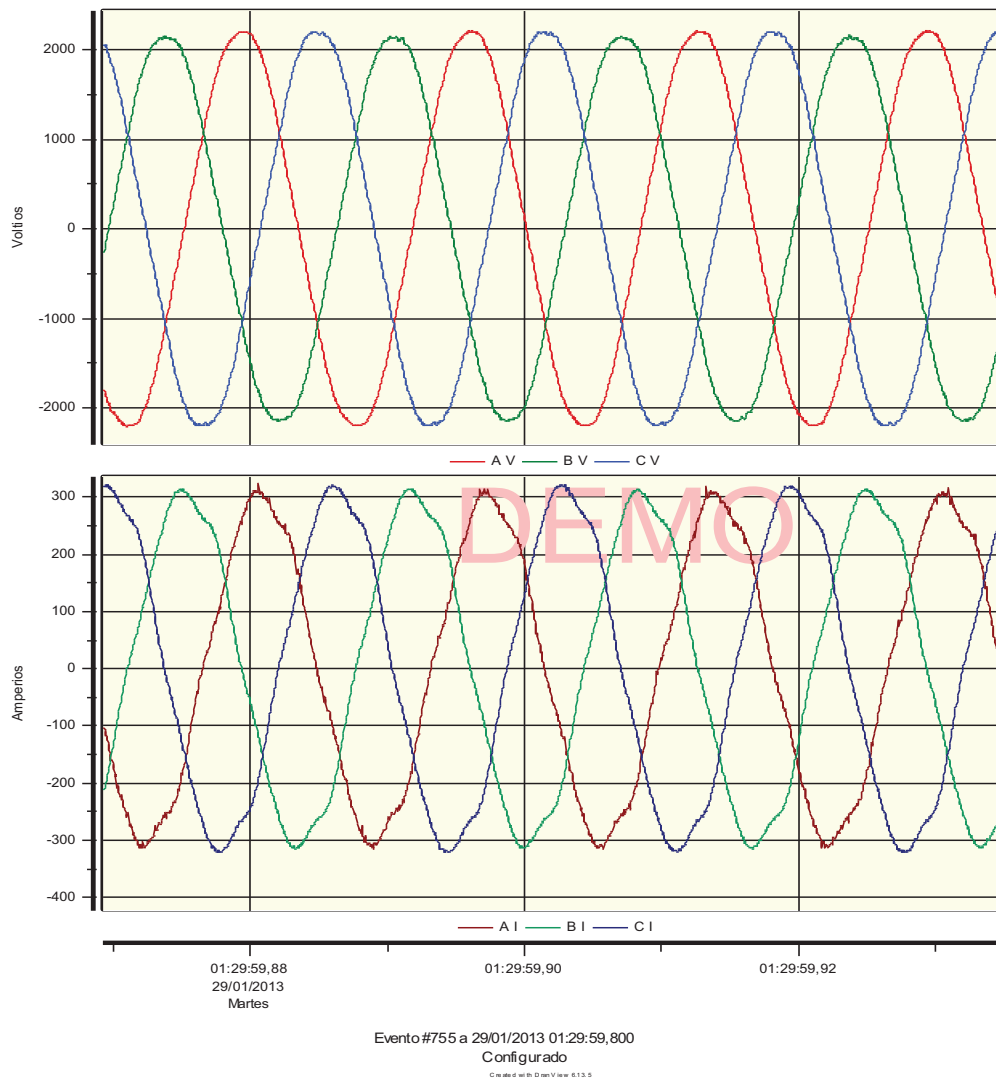


Figura 3.13 Formas de onda de voltaje y corriente en la Central Hidroeléctrica Illuchi 1

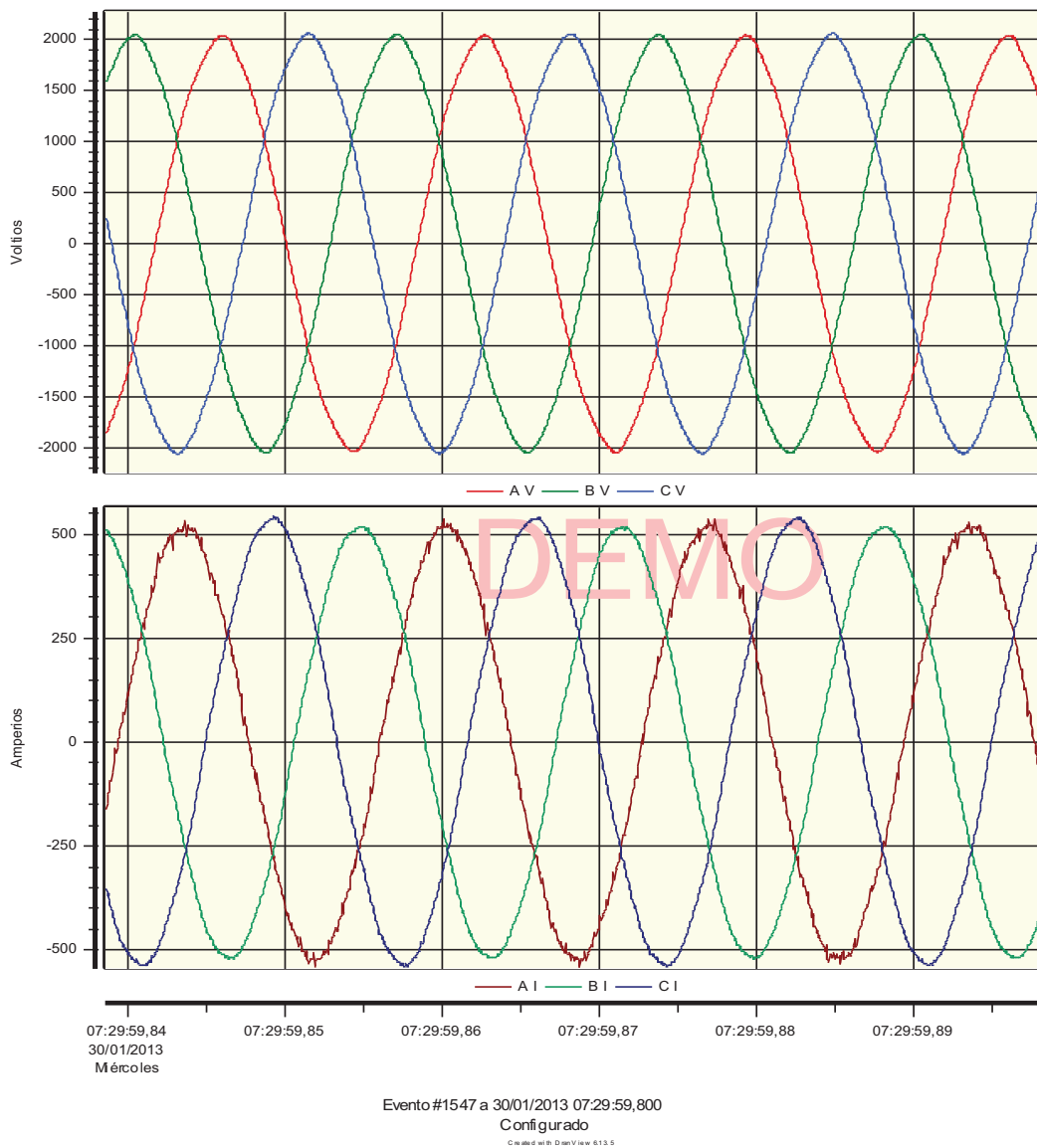


Figura 3.14 Formas de onda de voltaje y corriente en la Central Hidroeléctrica Illuchi 2

### 3.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 3.4.1 NORMA IEEE STD. 519-1992 [23]

Los parámetros de referencia con los cuales se analizan las mediciones registradas se muestran en la Figura 3.15 y Figura 3.16, de la norma IEEE Std. 519-1992, para límites de distorsión de corriente y voltaje, respectivamente.

Los valores de interés para este análisis son los porcentajes de Distorsión de Demanda Total, TDD para distorsión armónica de corriente y THD para voltaje,

con respecto a la fundamental tanto de voltaje como de corriente, calculados por el analizador. La norma permite comparar estas mediciones con límites permisibles que ayudan a cuantificar la inyección armónica por parte de consumidores individuales, causantes de la distorsión de voltaje que afecta a las características normales del sistema. Por el otro lado, la norma contiene un límite para la distorsión armónica global del sistema de alimentación de voltaje generado.

### 3.4.1.1 Límites de Corriente

Idealmente, la distorsión armónica causada por un solo consumidor puede ser limitada a un nivel aceptable en algún punto del sistema; en tanto que el sistema completo puede ser operado sin distorsión armónica substancial en cualquier parte del sistema. Los límites de distorsión armónica recomendados aquí establecen la máxima distorsión de corriente aceptable para un consumidor. Los límites de distorsión de corriente recomendados se calculan con la ecuación (3.1):

$$TDD = THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_h^2}}{I_L} \times 100\% \quad (3.1)$$

$I_h =$  Corriente Armónica

$I_L =$  Máxima Corriente de Carga

*TDD: distorsión demandada total (RSS), distorsión de corriente armónica en % de la máxima corriente de carga demandada. (También conocida como THD de corriente).*

Los límites listados en la Figura 3.15 pueden ser usados como valores de diseño de un sistema para “condiciones ideales” en operación normal (condiciones que duran más de una hora). Para periodos cortos, durante arranques altos o en condiciones inusuales, los límites pueden excederse en 50%.

La Figura 3.15 (Tabla 10.3 – IEEE) lista los límites de corriente armónica basados en el tamaño de la carga con respecto al tamaño del sistema de potencia al cual la carga está conectada. La relación  $I_{sc}/I_L$  es la relación de la corriente de cortocircuito disponible en el punto de acoplamiento común (PCC), con respecto a

la máxima corriente de carga fundamental. Se recomienda que la corriente de carga,  $I_L$ , sea calculada como el promedio de la corriente de demanda máxima para los 12 meses precedentes. Así, como el tamaño de la carga del usuario disminuye con respecto al tamaño del sistema, el porcentaje de corriente armónica que el usuario se permita inyectar al sistema de la subestación alimentadora se incrementa. Este protege a otros usuarios del mismo alimentador así como a la subestación alimentadora, que es requerida para brindar una segura calidad de voltaje a sus clientes.

Toda generación, si está conectada al sistema de distribución, subtransmisión o transmisión, es considerada como distribución de servicios y por lo tanto sigue las prácticas recomendadas.

**Table 10.3**  
**Current Distortion Limits for General Distribution Systems**  
**(120 V Through 69 000 V)**

Maximum Harmonic Current Distortion in Percent of $I_L$						
Individual Harmonic Order (Odd Harmonics)						
$I_{sh}/I_L$	<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

Even harmonics are limited to 25% of the odd harmonic limits above.

Current distortions that result in a dc offset, e.g., half-wave converters, are not allowed.

\*All power generation equipment is limited to these values of current distortion, regardless of actual  $I_{sc}/I_L$ .

where

$I_{sc}$  = maximum short-circuit current at PCC.  
 $I_L$  = maximum demand load current (fundamental frequency component) at PCC.

*Figura 3.15 Límites de Distorsión de Corriente para Sistemas Generales de Distribución*  
[23]

### 3.4.1.2 Límites de Voltaje

Los límites de distorsión de voltaje recomendados se refieren a la ecuación (3.2):

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} V_h^2}}{V_1} \times 100\% \quad (3.2)$$

$I_h =$  Voltaje Armónica

$V_1 =$  Magnitud Fundamental de Voltaje

*THD: Distorsión armónica de voltaje total (RSS) en porcentaje del voltaje de frecuencia fundamental nominal.*

Los límites dados en la Figura 3.16 (Tabla 11.1- IEEE) pueden ser usados como valores de diseño de sistemas para el “peor de los casos”, con una operación normal (condiciones que duran más de una hora). Para períodos cortos, durante cortes o condiciones inusuales, los límites pueden exceder el 50%.

**Table 11.1  
Voltage Distortion Limits**

Bus Voltage at PCC	Individual Voltage Distortion (%)	Total Voltage Distortion THD (%)
69 kV and below	3.0	5.0
69.001 kV through 161 kV	1.5	2.5
161.001 kV and above	1.0	1.5

NOTE: High-voltage systems can have up to 2.0% THD where the cause is an HVDC terminal that will attenuate by the time it is tapped for a user.

*Figura 3.16 Límites de Distorsión de Voltaje Recomendado [23]*

El efecto armónico difiere significativamente dependiendo de las características de los equipos afectados, sin embargo, los armónicos vistos desde un punto de conexión común ubicado en la subestación alimentadora no son conocidos con precisión. Además, se debe tomar en cuenta que los límites que la norma recomienda no siempre prevén problemas que surgen de valores, especialmente, cercanos al porcentaje permitido.

### 3.4.2 ANÁLISIS RESULTADOS DE DISTORSIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJE Y CORRIENTE DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN ILLUCHI 1

Ambas mediciones en la Central de Generación Hidroeléctrica Illuchi 1 revelan los siguientes valores:

- Máxima  $THD_V$  se tiene 2,1% en la Fase A. (Tabla 3.6)

Valores que cumplen la NORMA IEEE Std.519-1992 (Figura 3.16)

- Máxima THD  $i$  se tiene 5,4% en la Fase A.(Tabla 3.7)

Valores que no cumplen con la NORMA IEEE Std.519-1992 (Figura 3.15), se debe tomar en cuenta que los valores en la primera medición en horas de la mañana con intervalos de 2 minutos arrojaron un contenido armónico alto y cercano al límite de 5% definido en la norma. Por este motivo se realizó una nueva medición con intervalos de 5 minutos durante una jornada de aproximada de 24 horas (Anexos C, D) que confirma el contenido armónico encontrado, y en esta ocasión se registran valores que sobrepasan el límite de 5% en horas de la noche y madrugada, (22:00 a 17:00).

En el Anexo C.1 se observa el espectro armónico de 3°,5° y 7° orden, para ambas mediciones en las subestaciones de generación Illuchi 1 e Illuchi 2, la primera, el día viernes 28 de diciembre de 2012 y la segunda, el 29 de enero de 2013, con lo cual se tiene mayor detalle de la corriente armónica de cada orden, en amperios, en un determinado tiempo.

Las Figuras 3.17 y 3.18 muestran la variación del THD de voltaje y corriente respectivamente, expresados en porcentaje de la fundamental, en las Centrales de Generación Hidroeléctrica Illuchi 1 e Illuchi 2.



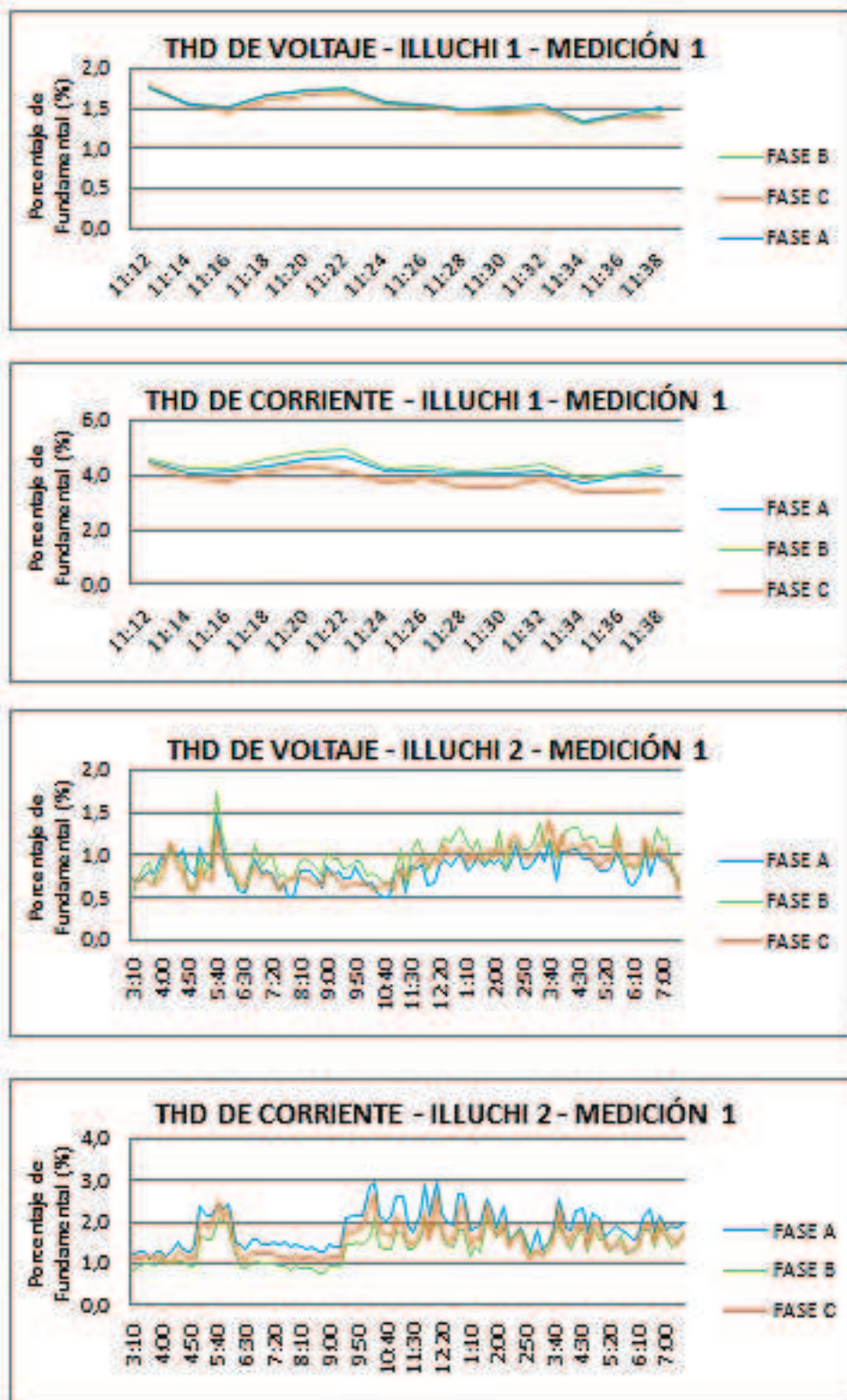


Figura 3.17 Porcentajes de THD de Voltaje y Corriente en Illuchi 1 e Illuchi 2 de la Primera Medición

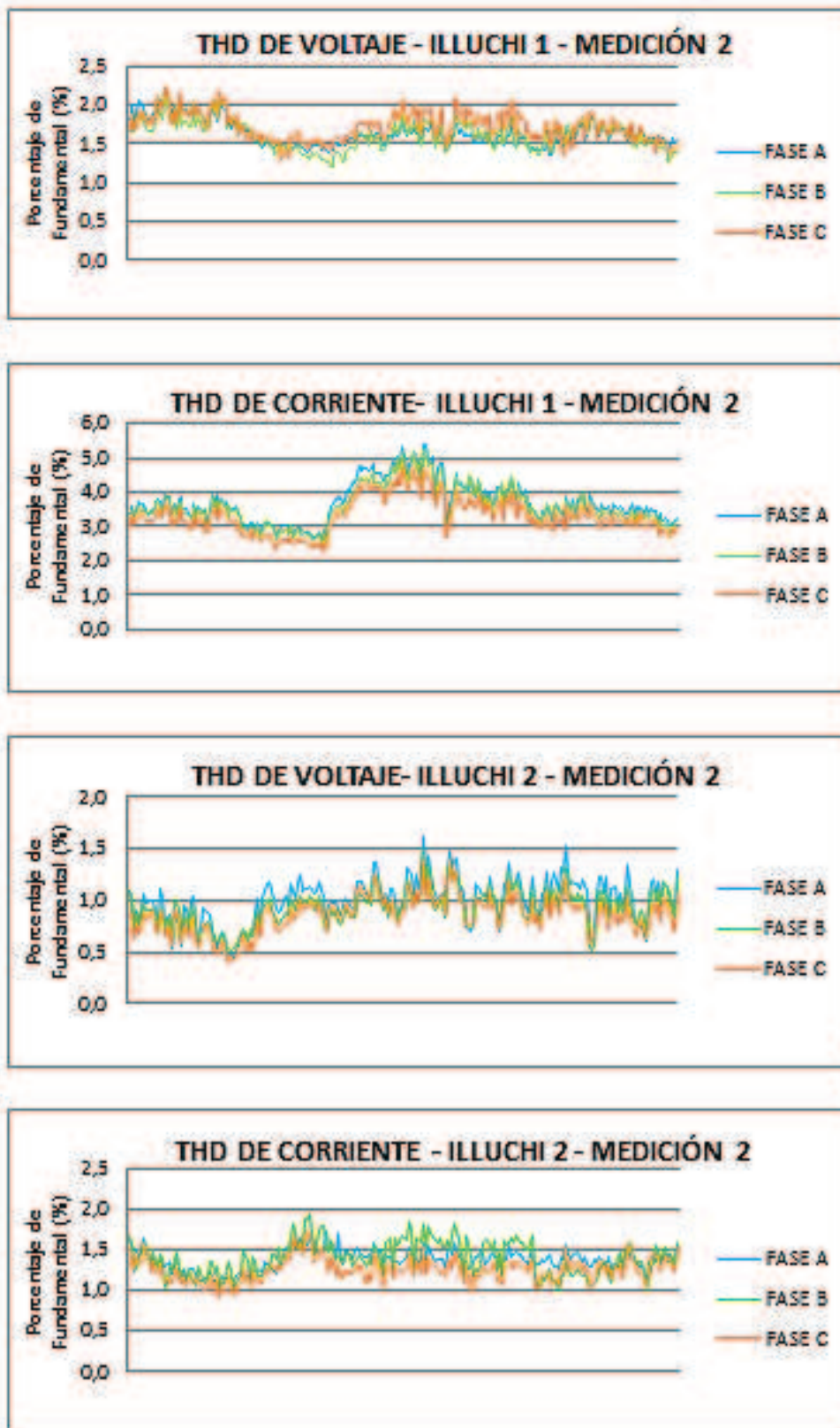


Figura 3.18 Porcentajes de THD de Voltaje y Corriente en Illuchi 1 e Illuchi 2 de la Segunda Medición

### 3.4.3 ANÁLISIS RESULTADOS DE DISTORSIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJE Y CORRIENTE DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN ILLUCHI 2

Las mediciones en la Central de Generación Hidroeléctrica Illuchi 2 revelan los siguientes valores:

- Máxima  $THD_v$  se tiene 1,7% en Fase C. (Tabla 3.8)

Valores que cumplen la NORMA IEEE Std.519-1992 (Figura 3.16)

- Máxima  $THD_i$  se tiene 3% en la Fase A.(Tabla 3.9)

Valores que cumplen la NORMA IEEE Std.519-1992 (Figura 3.15)

### 3.5 MEDICIONES EN LA SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN EL CALVARIO

Los resultados obtenidos en las mediciones realizadas en la subestación de distribución El Calvario, con la ayuda del personal de ELEPCO S.A. arrojan niveles máximos de THD de voltaje y corriente indicados en la Tabla 3.10.

*Tabla 3.10. Máximos Porcentajes de THD de Voltaje y Corriente – S/E El Calvario [6]*

THD DE VOLTAJE (% FUND)			THD DE CORRIENTE (% FUND)		
Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	Fase C
5,46	4,68	4,79	69,23	44,78	79,80

En las Figuras 3.19 y 3.20 se muestran diagramas de líneas en las cuales se visualizan con mejor detalle las mediciones de distorsión armónica total presente en las Fases A, B y C de la S/E El Calvario, aproximadamente, durante un mes de mediciones.

El resto de mediciones realizadas en la subestación El Calvario se incluyen en el Anexo C.3.

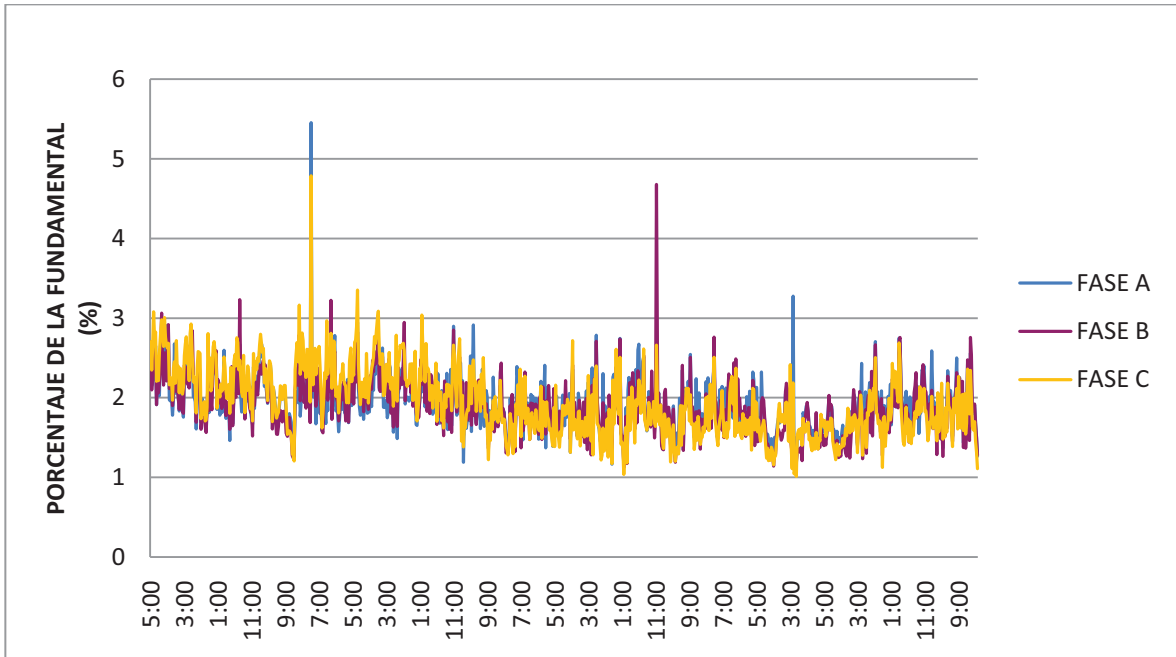


Figura 3.19 THD de voltaje de las fases A, B y C en la S/E El Calvario

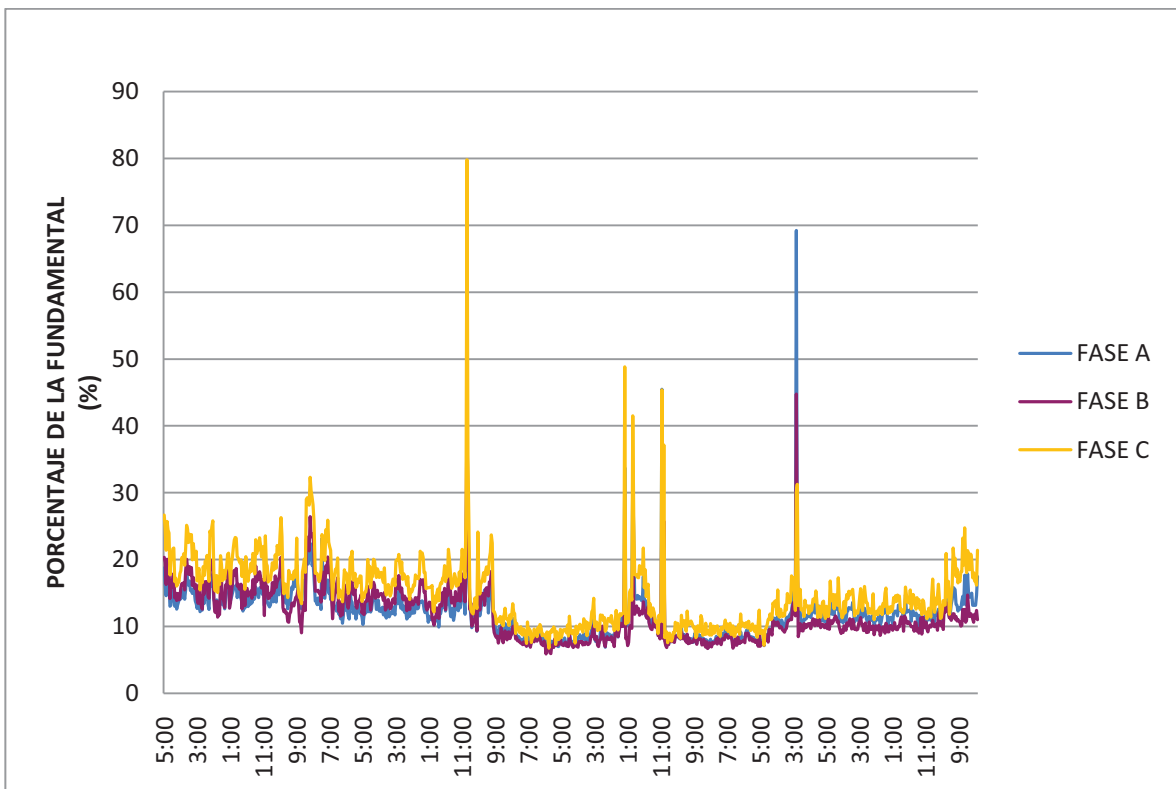


Figura 3.20 THD de corriente de las fases A, B y C en la S/E El Calvario

### **3.5.1 ANÁLISIS DE MEDICIONES DE DISTORSIÓN ARMÓNICA EN LA SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN EL CALVARIO**

Los resultados de las mediciones de distorsión armónica en la subestación de distribución El Calvario presentan porcentajes muy elevados, la mayoría de valores se encuentran entre 6% y 30% para THD de corriente. Según lo expuesto en el Capítulo 2 con respecto a convertidores se puede deducir que la generación armónica presente en el sistema ELEPCO S.A. proviene de rectificadores de 6 pulsos, comúnmente utilizados en la industria, conectados directamente a la barra de 13,8 kV de la subestación El Calvario lo que provoca niveles altos de oscilación de corriente en la Central Illuchi 1.

Para este proyecto de titulación la simulación de la carga no lineal se la realiza con los valores de espectro armónico del 5° y 7° orden obtenidos en las mediciones de la subestación El Calvario.

El análisis de los resultados de mediciones en El Calvario deja entrever que la carga industrial causante de fluctuaciones elevadas de corriente en la Central Illuchi 1 es la fábrica CEDAL.

La comparación de las mediciones de espectro armónico del 5° y 7° orden, de la subestación El Calvario y la Central Illuchi 1 no coinciden entre sí, puesto que fueron realizadas en diferentes fechas y bajo condiciones de la carga no lineal desconocidas.

## **CAPÍTULO 4**

### **MODELACIÓN Y SIMULACIÓN EN POWER FACTORY DE DIGSILENT DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ELEPCO S.A.**

El Sistema Eléctrico de la ELEPCO S.A. se conforma por generación, transmisión y carga, cuyas características se encuentran especificadas en el Capítulo 1, y ya que las mediciones corroboran la presencia de armónicos en las Centrales de Generación Hidroeléctrica Illuchi 1 e Illuchi 2 el presente capítulo hace énfasis en la carga no lineal causante de dichas distorsiones.

De acuerdo al diagrama unifilar (Anexo E) y los resultados recabados a lo largo de este proyecto de titulación, las únicas posibles cargas no lineales que tienen una gran influencia dentro de la zona oriental de la empresa distribuidora de la ciudad de Cotopaxi son las perteneciente al horno de arco de la planta industrial NOVACERO y a la carga no lineal de la planta de producción de aluminio CEDAL.

Con los resultados de los niveles de THD presentes, en las Centrales de Generación, se presenta la modelación de las cargas no lineales y la simulación utilizando el paquete computacional Power Factory de DIgSILENT a fin de mostrar el efecto armónico dentro del sistema de ELEPCO S.A.

#### **4.1 SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE SISTEMAS DE POTENCIA POWER FACTORY DE DIGSILENT [29]**

El DIgSILENT Power Factory es una herramienta integrada para el análisis de sistemas eléctricos de potencia caracterizando técnicas confiables y flexibles de modelado y algoritmos de simulación. Ha sido desarrollado con la nueva tecnología de programación orientada a objetos y lenguaje de programación C++. Logra el mejor compromiso entre flexibilidad ilimitada y requerimientos de fácil manejo, siendo completamente compatible con Windows.

Entre las funciones principales con que cuenta el DIgSILENT Power Factory se encuentran:

- Flujo de potencia AC/DC
- Análisis de corto circuito VDE/IEC
- Fallas generales/Análisis de eventos
- Simulación dinámica (RMS)
- Simulación de transitorios electromagnéticos EMT
- Coordinación de relés de protección
- Análisis armónico
- Cálculo de confiabilidad
- Despacho económico
- Lenguajes DSL ++ y DPL
- Diagramas unifilares del sistema modelado
- Instrumentos virtuales para visualizar resultados

El programa utiliza un ambiente de trabajo muy similar al utilizado en Windows, las ventanas más importantes se muestran en la Figura 4.1.

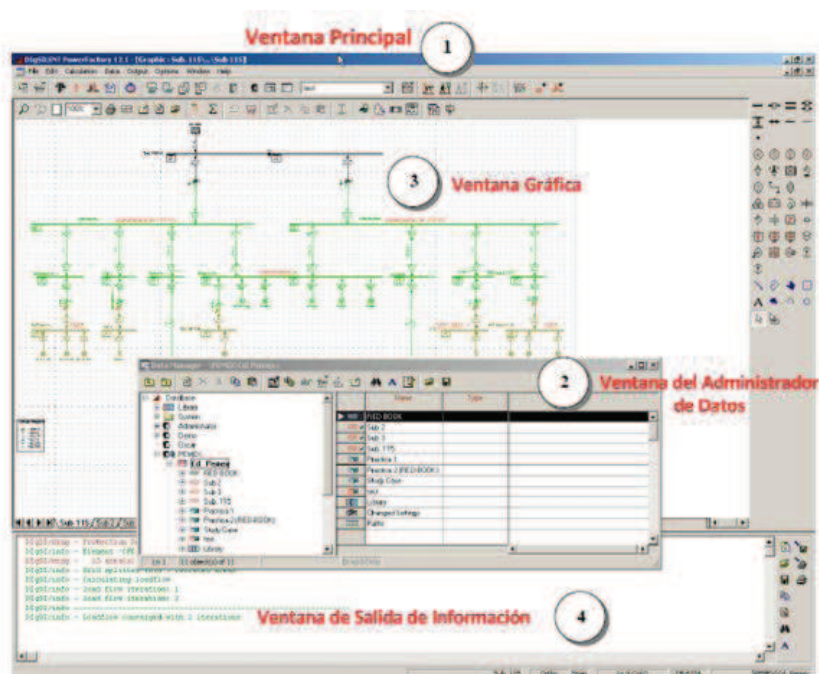


Figura 4.1 Área de Trabajo del DIGSILENT Power Factory

#### **4.1.1 LENGUAJE DE SIMULACIÓN [30]**

El lenguaje que usa el DlgSILENT para simular sistemas eléctricos de potencia y sus componentes, emplea una sintaxis especial compuesta de tres partes:

- Interfaz: Establece el nombre del modelo, el título, la clasificación y el conjunto de variables. Esta parte define en la primera página de la ventana de dialogo del diagrama de bloques.
- Definición del Código: Define las propiedades de los parámetros y las condiciones iniciales.
- Ecuaciones de Código: Incluye todas las ecuaciones necesarias para definir el modelo de simulación, es el conjunto de ecuaciones diferenciales acopladas que describen las funciones de transferencia entre las señales de entrada y las señales de salida.

El lenguaje de simulación DlgSILENT permite la interacción con el programa fuente mientras se realiza la simulación del sistema, por medio de elementos modelados y codificados por el usuario.

Las simulaciones en estado estable para los análisis de armónicos, producidos por la carga no lineal perteneciente a Novacero, se las realiza, por medio del Módulo de Armónicos del Power Factory de DlgSILENT, a continuación se describen sus principales características.

#### **4.1.2 MÓDULO DE ANÁLISIS DE ARMÓNICOS [31]**

Power Factory cuenta con herramientas para estudiar el comportamiento y desempeño en presencia de armónicos y la variación de la impedancia de un sistema de potencia en función de la frecuencia, a través de indicadores como La Distorsión Armónica Individual (HD) y la Distorsión Armónica Total (THD).

El análisis armónico estudia las deformaciones en las formas de onda sinusoidales de voltaje y corriente, producidas por la inyección de armónicos en otras barras del sistema, ocasionando sobrecargas y pérdidas.



El análisis armónico se desarrolla por descomposición de la señal en series de Fourier y debido a que la señal bajo estudio es periódica, únicamente aparecen armónicos enteros.

En la Tabla 4.1 se observa que en secuencia cero aparecen los armónicos múltiplos de 3 que normalmente son suprimidos en los deltas de los transformadores, y para las secuencias positiva y negativa aparecen el resto de armónicos. Cabe mencionar que ondas simétricas presentan armónicos impares en tanto que formas de onda asimétricas presentan armónicos pares, por lo tanto en sistemas de potencia los aportes de armónicos pares son pequeños.

*Tabla 4.1 Relación Armónicos y Componente de Secuencia*

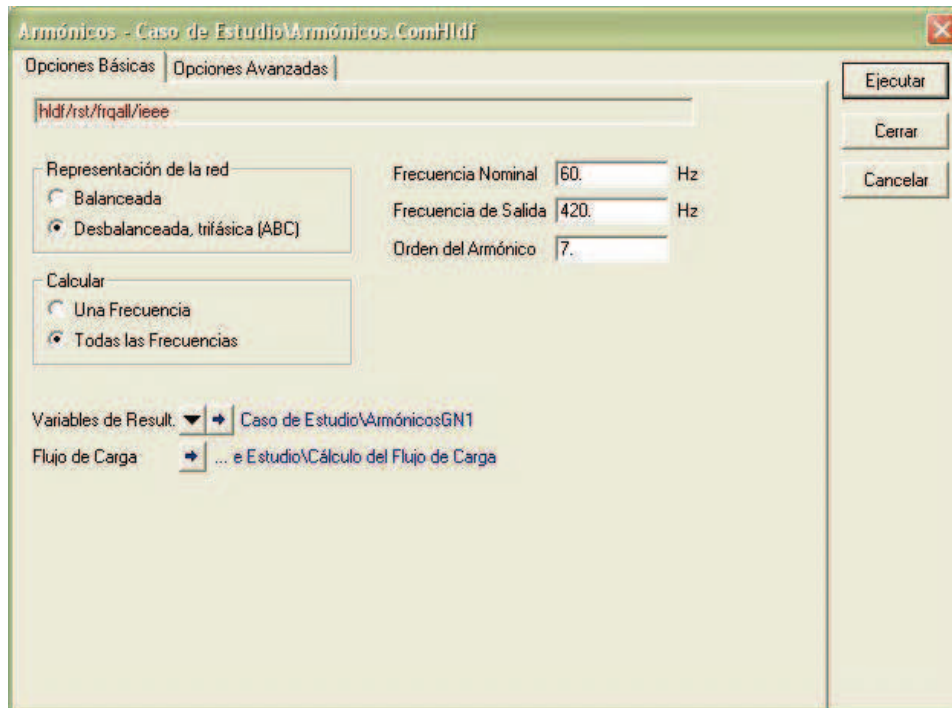
<b>Orden Armónico</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>...</b>
<b>Secuencia</b>	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	...

El Power Factory de DlgSILENT tiene dos funciones para el análisis de armónicos Flujo de Carga Armónico y Barrido de Frecuencias.

#### **4.1.2.1 Flujo de Potencia Armónico**

El flujo de carga armónico calcula los índices de distorsión armónica de voltaje o corriente, de acuerdo a los requerimientos del usuario, según la caracterización de la carga como fuente de corriente o voltaje.

Al comienzo la corrida del flujo armónico realiza un análisis continuo del estado de la red para cada frecuencia a las que se encuentran definidas las fuentes de armónicos. La Figura 4.2 muestra la ventana de dialogo del flujo de carga armónico.



*Figura 4.2 Ventana de Dialogo Flujo de Carga Armónico*

Para ejecutar el flujo de carga armónico se tienen dos opciones:

- Frecuencias Individuales: El flujo corre para tan solo para la frecuencia de salida que el usuario defina, mostrando resultados del cálculo en el diagrama unifilar tal como si fuera un flujo de potencia.
- Todas las Frecuencias: El cálculo del flujo ahora es para todas las frecuencias con las que se definieron las fuentes de armónicos. Los resultados se almacenan automáticamente en un archivo, que luego puede ser utilizado para crear gráficas.

#### 4.1.2.2 Barrido de Frecuencias

La aplicación típica del barrido de frecuencia es el cálculo de las impedancias de la red, que permite la identificación de las resonancias de impedancias serie y paralelo, para el diseño de filtros.

Por medio del rango de frecuencias se pueden determinar la características impedancia – frecuencia. La Figura 4.3 muestra la ventana de diálogo del comando de barrido de frecuencia.

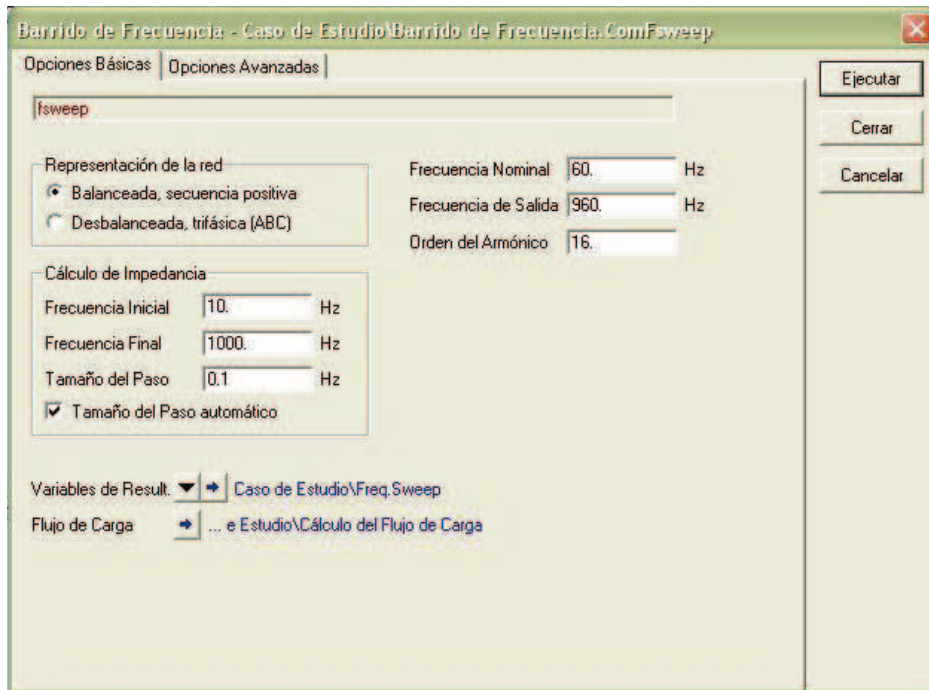


Figura 4.3 Ventana Barrido de Frecuencia

## 4.2 DESCRIPCIÓN DEL EQUIVALENTE DE RED MULALÓ

Como se señala en el Capítulo 2, desde la subestación Mulaló se abastece a más del 50 % de la carga del sistema de ELEPCO S.A., por lo tanto es indispensable su inclusión como equivalente de red externa en la simulación.

Los datos correspondientes al equivalente de red externa se encuentran detallados en la Tabla 4.2 obtenidos de corrientes de cortocircuitos trifásicos y monofásicos en la barra de 138 kV de la Subestación Mulaló.

Tabla 4.2 Datos de Red externa en Barra Mulaló 138 kV [32]

BARRA MULALÓ	kV	Falla Trifásica		Falla Monofásica		Impedancias de Corto Circuito			
		Ik"	Sk"	Ik"	Sk"	R/X	Z2/ Z1	X0/ X1	R0/ X0
		kA	MVA	kA	MVA				
Mín. Generación	138	3,432	820,42	2,453	195,467	0,252	1,020	2,19570	0,25128
Máx. Generación	138	3,908	934,10	2,783	221,756	0,206	1,014	2,21128	0,20410

En la Figura 4.4 se muestra el ingreso de datos del equivalente del S.N.I. como red externa en el Power Factory de DigSILENT.

Valores Máximos		Valores Mínimos	
Potencia c.c. Sk"máx	934.1019 MVA	Potencia c.c. Sk"mín	820.42 MVA
Corriente c.c. Ik"máx	3.908 kA	Corriente c.c. Ik"mín	3.432389 kA
Factor c (máx.)	1.1	Factor c (mín.)	1.
Relación R/X (máx.)	0.206	Relación R/X (mín.)	0.252
Relación de Impedancia		Relación de Impedancia	
Z2/Z1 máx.	1.014	Z2/Z1 mín.	1.02
X0/X1 máx.	2.21128	X0/X1 mín.	2.19507
R0/X0 máx.	0.2041	R0/X0 mín.	0.25128

Figura 4.4 Representación del S.N.I como Red Externa en la barra de Mulaló 138 kV

### 4.3 DESCRIPCIÓN DE LA CARGA NO LINEAL DENTRO DE LA SIMULACIÓN

Para tener un escenario cercano a la realidad, se modela lo que en este proyecto, se considera como cargas principales y directamente relacionadas a la contribución de espectro armónico, dentro de un sistema de subtransmisión.

#### 4.3.1.1 Sistema NOVACERO en Power Factory

Para la simulación se toma en cuenta al horno de arco como una de las principales cargas no lineales, y dentro del Software se la modela como "carga general" (Figura 4.5) con característica de fuente de corriente (Figura 4.6). Esta consideración se realiza en vista que el problema encontrado en las mediciones

tiene que ver únicamente con armónicos de corriente; que de acuerdo a lo mencionado en el Capítulo 2 con respecto a hornos de arco, esta es una característica propia de dichos dispositivos.

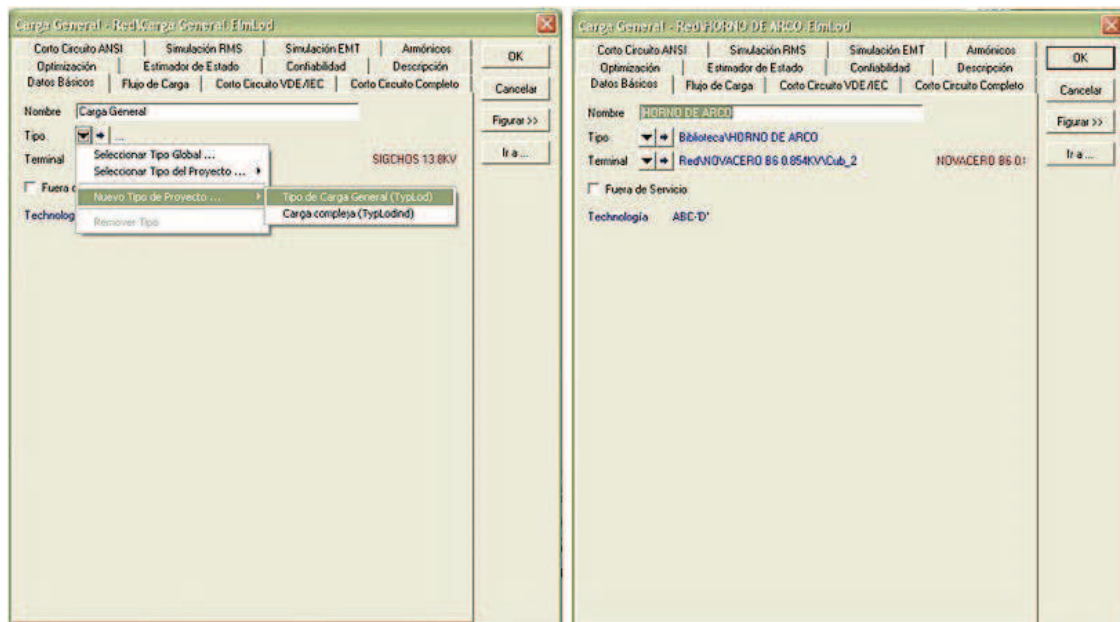


Figura 4.5 Creación de una carga general en la Barra 13,8 kV Novacero

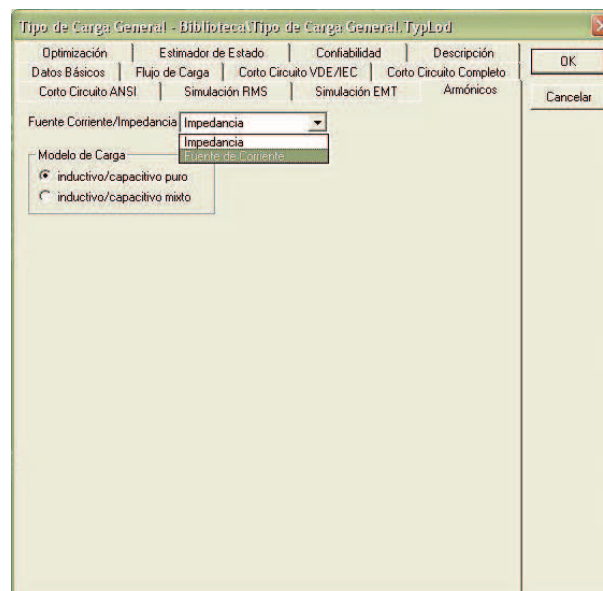


Figura 4.6 Creación del modelo de carga como fuente de corriente.

Para dar la característica armónica necesaria (Figura 4.7), el espectro armónico se construye de acuerdo a los porcentajes definidos en [16] para el horno de arco de NOVACERO (Anexo F).

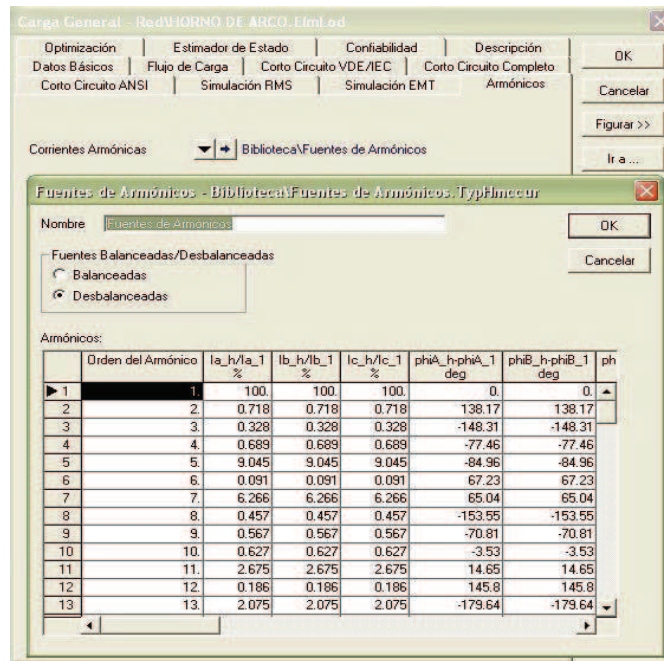


Figura 4.7 Creación de corrientes armónicas de fases desbalanceadas

#### 4.3.1.2 Sistema CEDAL en Power Factory

La tecnología que utiliza, la mayor parte de procesos dentro de la fábrica de aluminio Cedal cuentan con la presencia de elementos de electrónica de potencia, que son directamente actores en el aporte de espectro armónico de corriente en el sistema de subtransmisión de la Elepco S.A., como se señala en el Capítulo 2.

Dentro de cada proceso y como es notorio debido al uso de elementos que contribuyen con armónicos, se tiene que en el área de prensas y pintura se genera un nivel alto de distorsión armónica de corriente. En la medición instantánea de variables eléctricas se observa claramente en las Figura 4.8, 4.9 y 4.10 la presencia de distorsiones de corriente muy elevadas. [17]

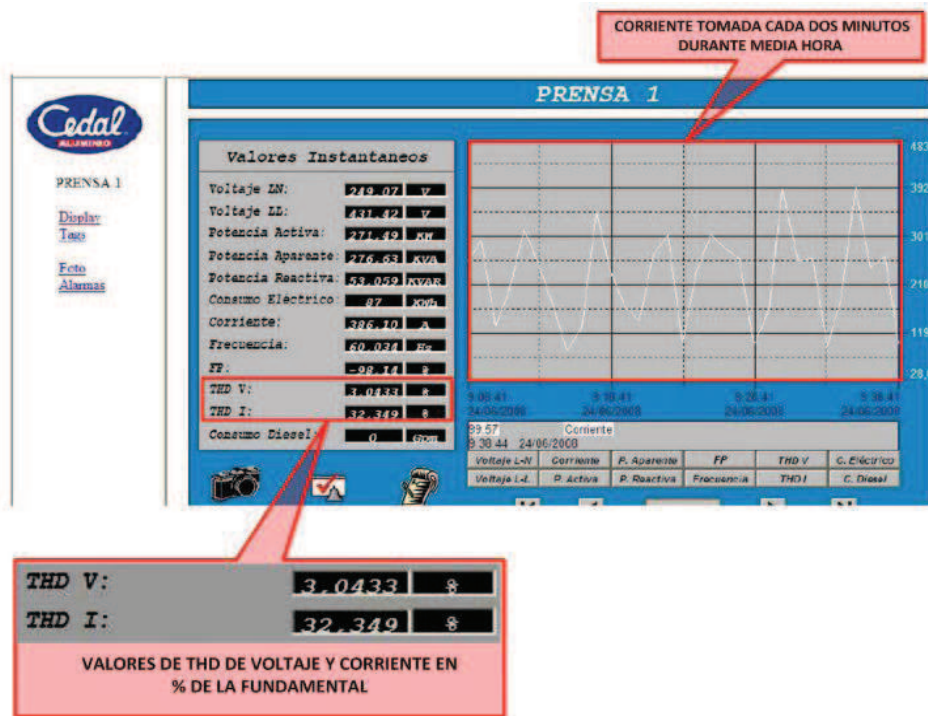


Figura 4.8 Medición instantánea de variables eléctricas - Corriente Prensa 1 CEDAL S.A

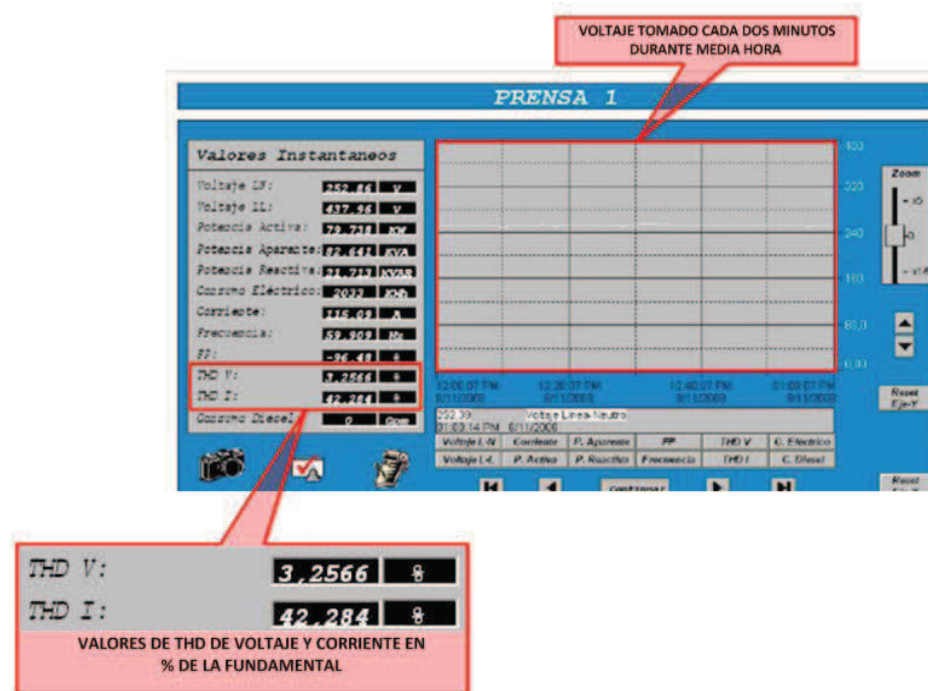


Figura 4.9 Medición instantánea de variables eléctricas - Voltaje Prensa 1 CEDAL S.A

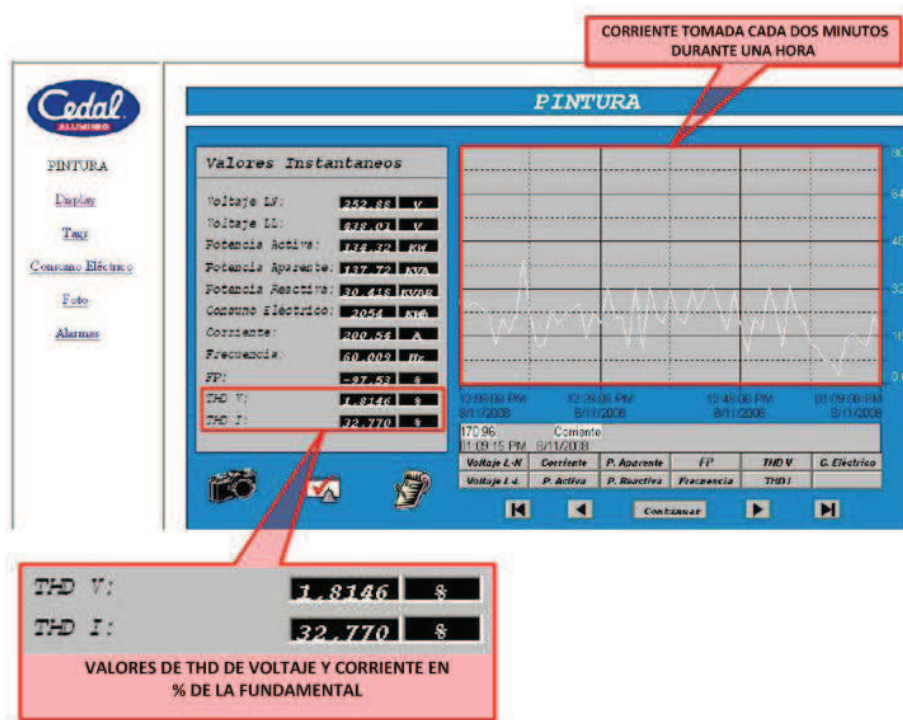


Figura 4.10 Medición instantánea de variables eléctricas – Corriente Pintura CEDAL S.A

De acuerdo a la norma IEEE Std.519.1992, el porcentaje de THD de corriente presente en las diferentes áreas de producción de CEDAL coincide con el espectro armónico de convertidores electrónicos, además uno de los procesos cuenta con la presencia de hornos de arco eléctrico en la etapa de homogenizado, con lo cual aumenta notablemente el porcentaje de THD de corriente.

El no tener el detalle del tipo de carga y los parámetros eléctricos de cada una de las áreas que forman parte de los procesos de CEDAL, conlleva a la inclusión del espectro armónico obtenido en las mediciones realizadas en la S/E El Calvario a nivel de 13,8 kV para la simulación en Power Factory.

Como variables de entrada se toman las mediciones máximas de 5°, 7°, 11° y 13° armónico en hora de máxima demanda y se presentan en la Tabla 4.3 y Figura 4.11.



Tabla 4.3 Distorsión armónica individual y total - Hora de máxima demanda – Subestación El Calvario 13,8 kV

Fecha/Hora	DISTORSIÓN ARMÓNICA FASE A				
	HD5 (%)	HD7 (%)	HD11 (%)	HD13 (%)	THD (%)
28/06/2013 20:10	5,09	10,57	2,16	0,47	11,94
29/06/2013 20:10	1,97	5,20	1,67	0,22	5,81
30/06/2013 20:10	1,88	1,77	0,23	0,38	2,62
01/07/2013 20:10	3,60	9,45	2,51	0,65	10,44
02/07/2013 20:10	3,60	10,12	3,64	1,30	11,41
03/07/2013 20:10	2,09	8,43	2,52	0,78	9,08
04/07/2013 20:10	2,51	7,34	1,50	0,13	7,90
05/07/2013 20:10	6,58	9,19	3,31	1,08	11,83

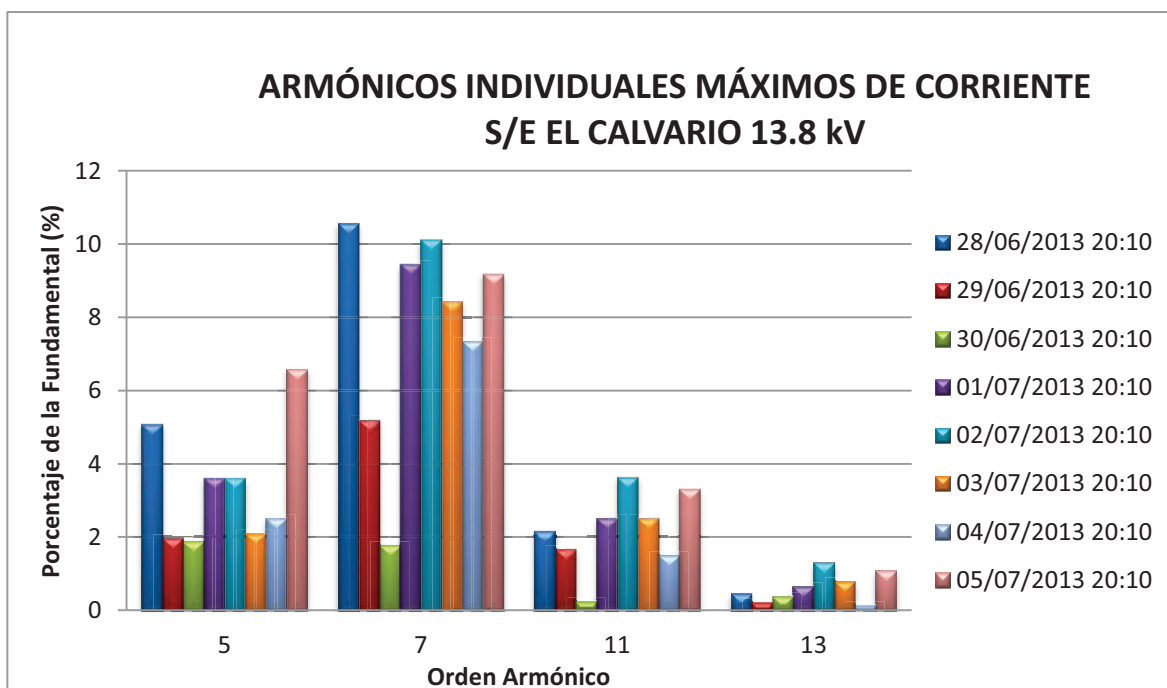


Figura 4.11 Diagrama de barras de distorsión armónica máxima individual total - Hora de máxima demanda – Subestación El Calvario 13.8 kV

El ingreso de espectros se realiza como fuente de corriente armónica, de manera similar a lo expuesto para la carga no lineal de NOVACERO.

### 4.3.2 CORRIDA DEL FLUJO DE POTENCIA DE ARMÓNICOS EN LA ZONA ORIENTAL DE ELEPCO S.A.

Una vez creadas las cargas que producen armónicos de corriente para fase desbalanceada y sus frecuencias, se realiza la corrida de flujo de potencia por medio del módulo de armónicos de la barra de herramientas (Figura 4.12).

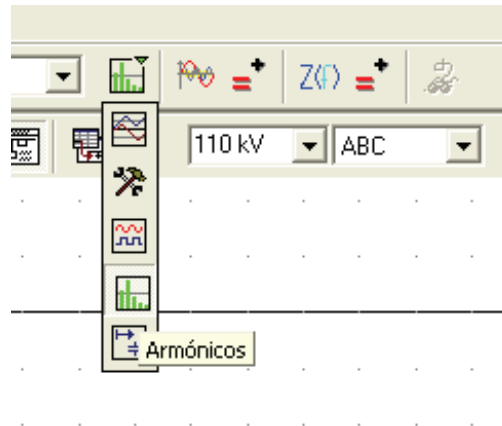


Figura 4.12 Módulo de simulación de flujo de armónicos en la barra de herramientas

## 4.4 ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

### 4.4.1 ANÁLISIS CASO NOVACERO

Mediante la simulación se evidencian los efectos causados por la presencia de una carga no lineal en las cercanías de un sistema de potencia, como es el de la Empresa Eléctrica del Cotopaxi.

Las razones para considerar que las fluctuaciones de corriente existentes en la Central Illuchi 1 no son causadas por la Planta Industrial NOVACERO se detallan a continuación.

#### 4.4.1.1 Filtros de Armónicos instalados en las barras de NOVACERO

NOVACERO tiene conectado un gran número de filtros que ayudan principalmente en la disminución de armónicos de voltaje. Los filtros para 2°, 3°, 4° y 5° armónico están ubicados a nivel de 18 kV y 13,8 kV bajando el porcentaje

de THD de voltaje de 20,35% a 5,05% y de corriente de 11,65% a 9,68%, como se muestra en la Figura 4.13

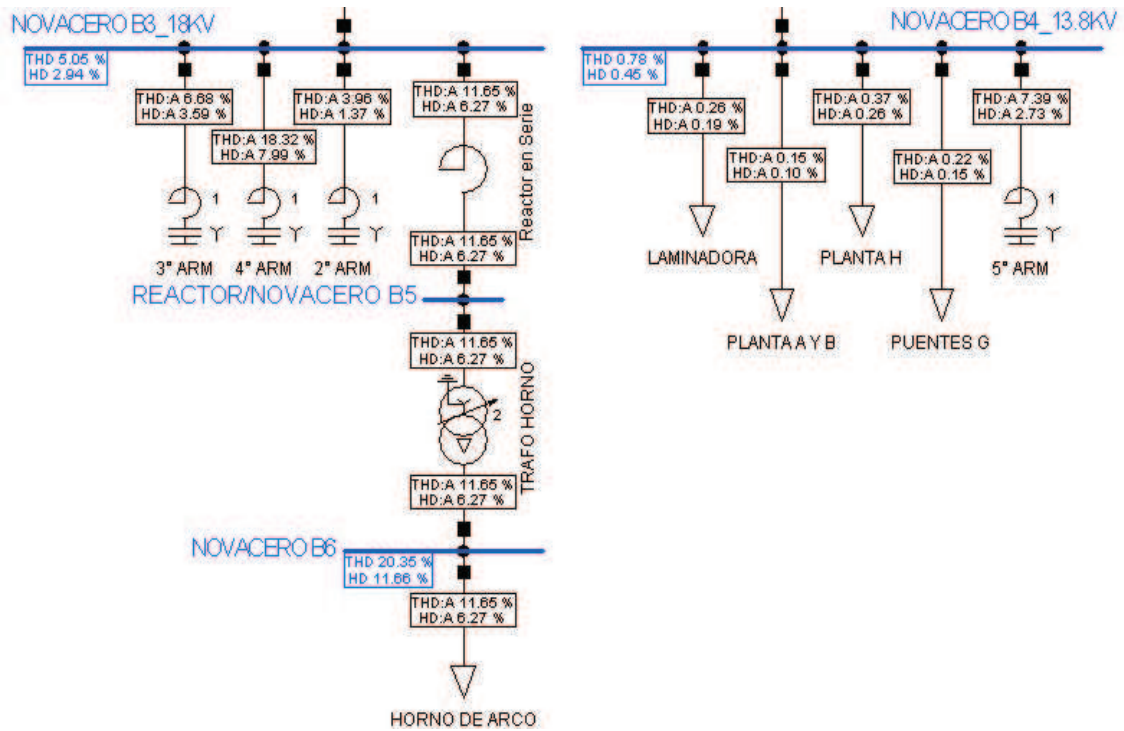


Figura 4.13 Flujo de potencia de armónicos en las barras de 18 kV y 13,8 kV de NOVACERO

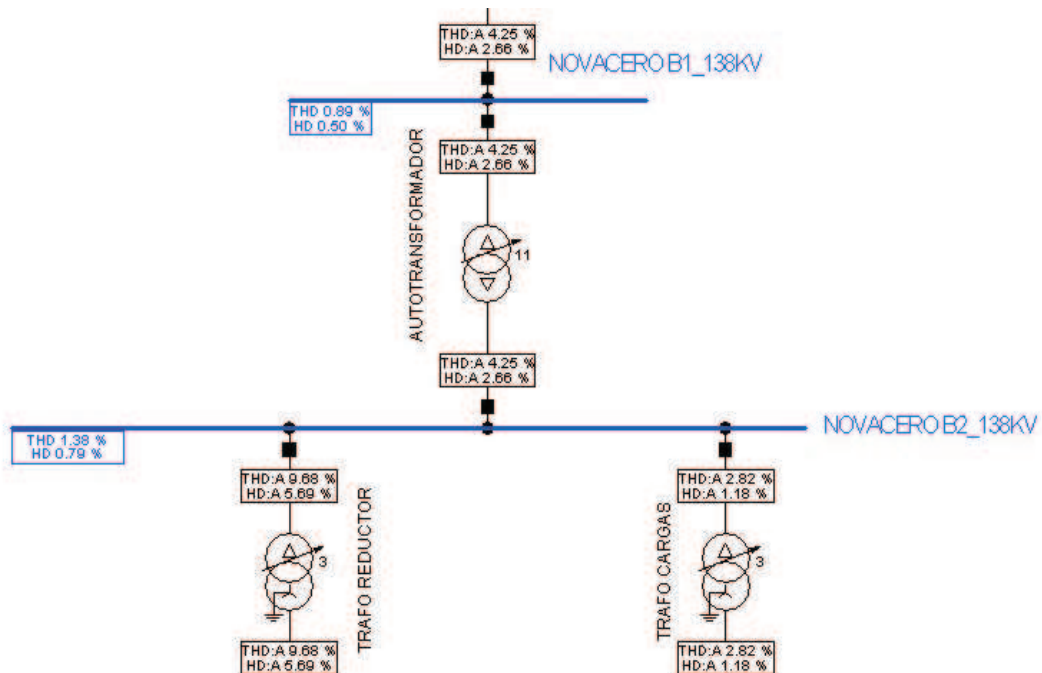


Figura 4.14 Flujo de potencia de armónicos en las barras de 138 kV de NOVACERO

#### 4.4.1.2 Transformadores con Conexión en Delta

Este tipo de conexión funciona como una trampa de terceros armónicos o conocidos también como “triplens”, disminuyendo el THD de voltaje en la barra de 138 kV de NOVACERO a 0,89% y de corriente a 4,25% en la línea de 138 kV que se conecta al S.N.I. como se muestra en la Figura 4.14.

#### 4.4.1.3 Caminos de Menor Impedancia

El flujo armónico sigue el camino de menor impedancia; por lo tanto, al tener el Equivalente de Red del S.N.I, y el sistema de la ELEPCO S.A. conectados a la misma barra donde llega la línea de 138 kV proveniente de NOVACERO; que se encuentra afectada por espectro armónico 1,96% del THD de corriente fluye hacia la Red Equivalente del S.N.I y 0,25% al sistema de ELEPCO S.A., debido a que un sistema de mayor capacidad de potencia posee una impedancia más pequeña. El THD de voltaje baja en un 0,02% , como se detalla en la Figura 4.15.

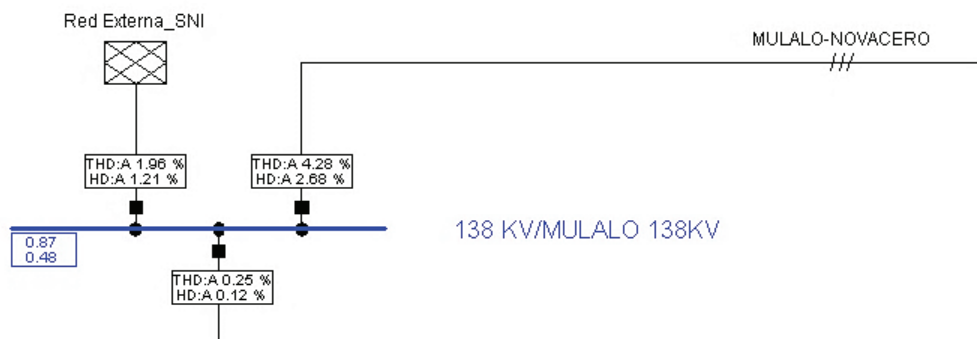


Figura 4.15 Flujo de potencia de armónicos en la barra 138 kV Mulaló

#### 4.4.1.4 Cargabilidad en Líneas de Subtransmisión

La presencia de armónicos en líneas de Subtransmisión de ELEPCO S.A depende de su grado de cargabilidad. Antes de la corrida del flujo de potencia armónico se corre un flujo de potencia estándar, es decir a frecuencia de 60 Hz, donde se muestra el porcentaje de cargabilidad de las líneas, Figura 4.16.

Los valores de cargabilidad indican el porcentaje de potencia que enviado a través de las líneas de subtransmisión con respecto a su límite .

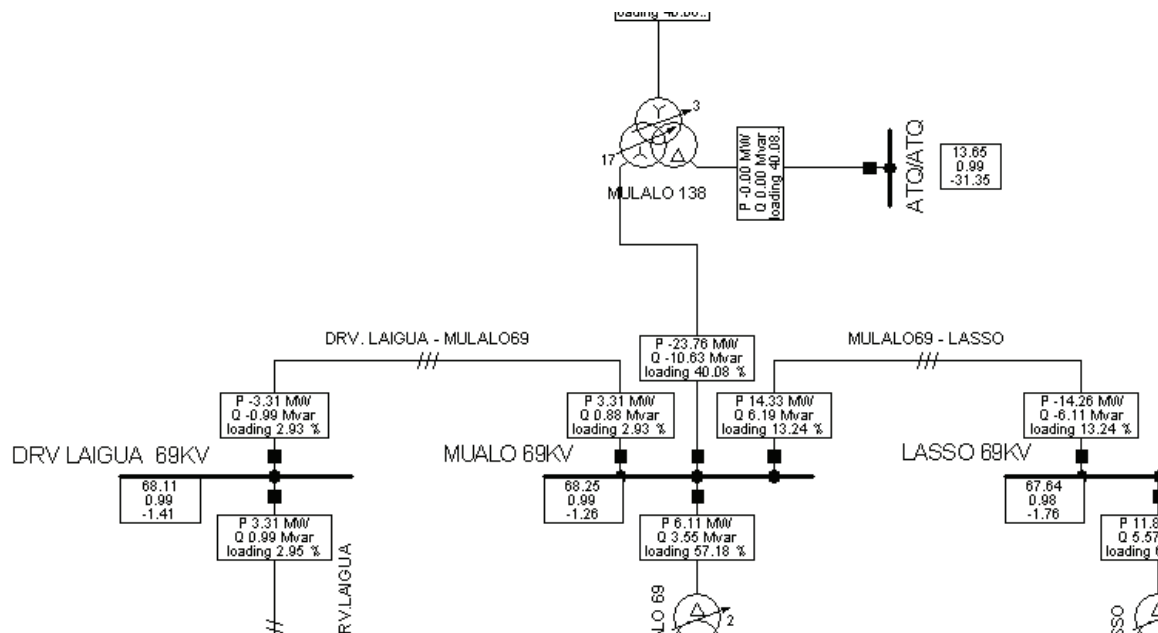


Figura 4.16 Flujo de potencia en las barras de 69 kV de ELEPCO S.A

Se puede deducir que a menor cargabilidad mayor será la distorsión armónica de corriente que fluye por una línea. Al tener menor corriente su forma de onda se verá más afectada por las distorsiones producidas por las componentes armónicas.

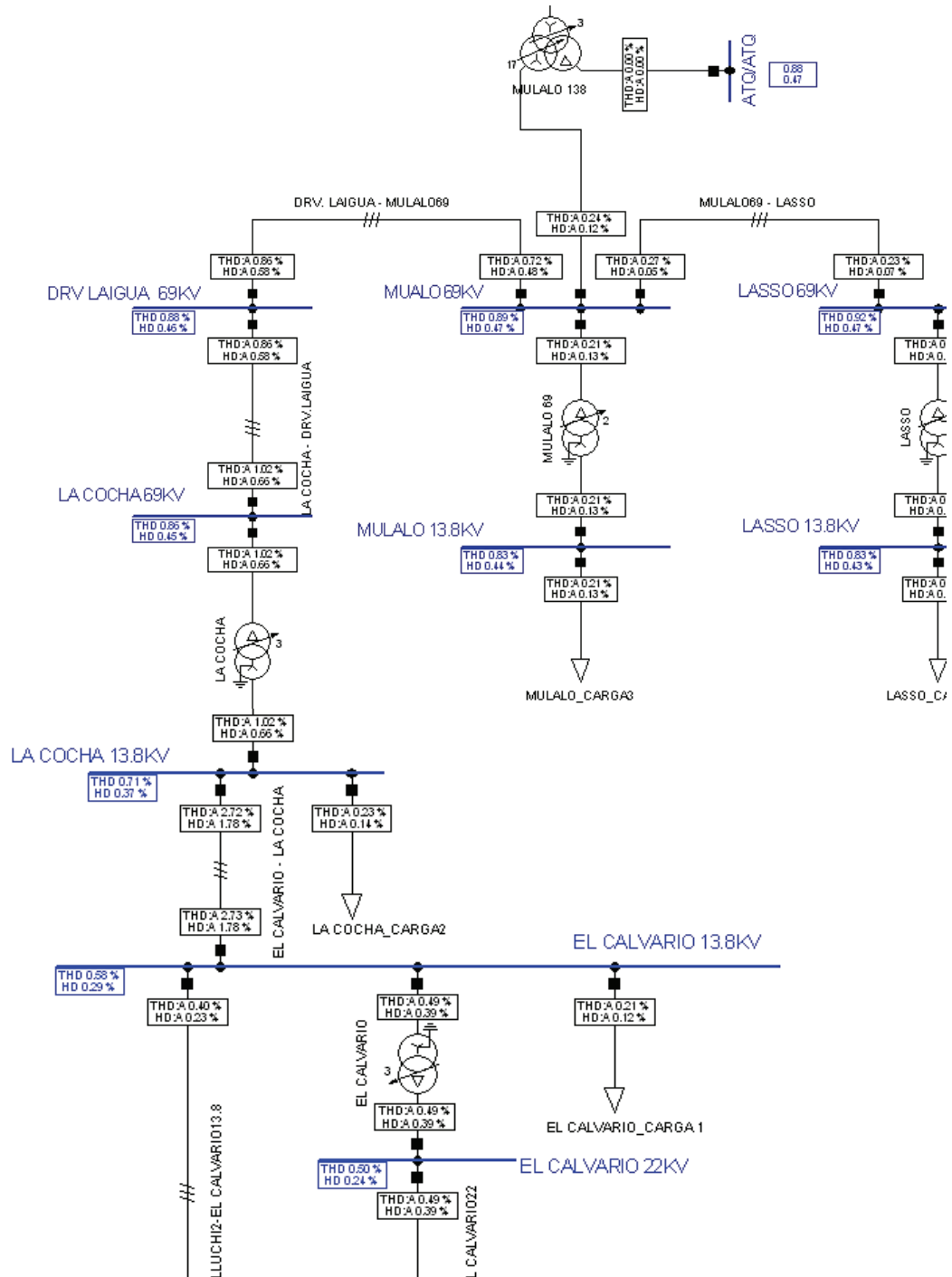


Figura 4.17 Flujo de Potencia Armónico en las barras de 69 y 13,8 kV de ELEPCO S.A

En la trayectoria del espectro armónico proveniente de NOVACERO se encuentran líneas de subtransmisión con porcentajes bajos en cargabilidad, como es el caso de la línea Mulaló - Derivación Laigua a nivel de 69 kV con 2,93% de cargabilidad, y al mismo nivel de voltaje se tiene la línea Mulaló - Lasso con un

porcentaje de cargabilidad de 13,24 que muestra la relación de Cargabilidad - THD de Corriente y que se presenta en la Figura 4.17 con el flujo de corriente armónica.

La distorsión armónica de corriente y voltaje causada por NOVACERO sigue su trayectoria hacia las Centrales Illuchi 1 e Illuchi 2 a través de líneas y transformadores que aumentan o disminuyen, no muy significativamente, el porcentaje de distorsión tanto de corriente como de voltaje. El THD de corriente llega a 0,57% y 0,51% en los generadores 4 y 2 de Illuchi 1 respectivamente, a 0,41% en Illuchi 2, y con un THD de voltaje de 0,41% en Illuchi 1 y 0,28% en Illuchi 2, según lo indica la Figura 4.18.

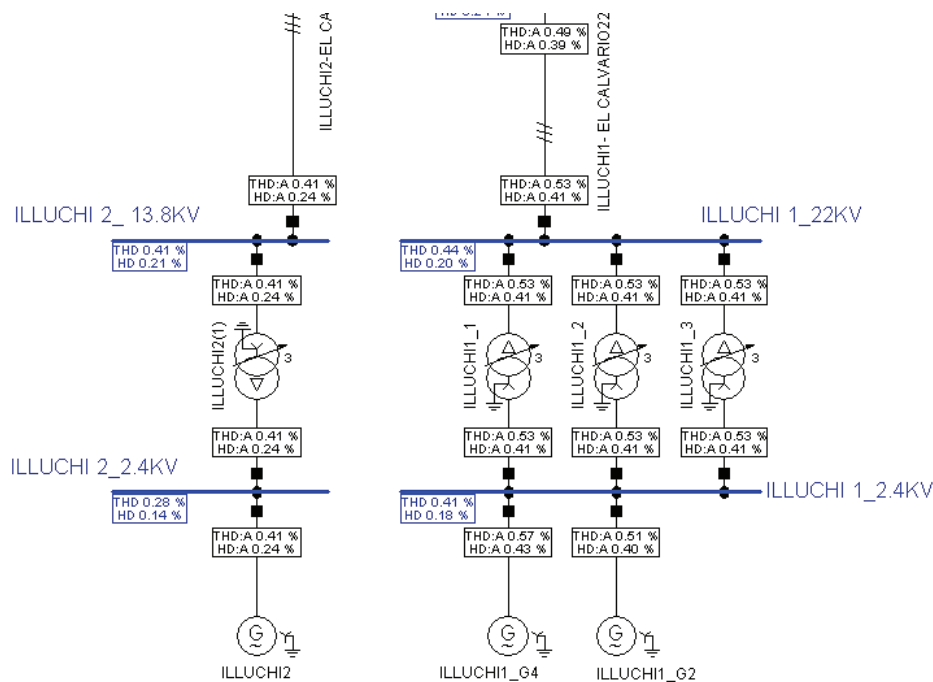


Figura 4.18 Flujo de potencia armónico en las barras de 2,4 kV de ELEPCO S.A

#### 4.4.2 ANÁLISIS CASO NOVACERO – CEDAL

Para conocer la verdadera causa de la distorsión armónica presente en las Centrales Illuchi 1 e Illuchi 2 se analiza las cargas cercanas a la zona de generación, encontrando que la única carga industrial altamente no lineal es la Fábrica de Aluminio CEDAL, conectada al sistema de ELEPCO S.A. en la Barra de 13,8 kV de la Subestación El Calvario.

La inclusión en la simulación del espectro armónico presente en las mediciones ayuda a confirmar que la causa de las fluctuaciones de corriente se encuentra en La Fábrica de Aluminio CEDAL. Los porcentajes de THD de voltaje y corriente son similares a los registrados por los analizadores, como se puede apreciar de los valores mostrados en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Resultados de Mediciones y Simulación del Caso NOVACERO – CEDAL

BARRA	kV	CORRIENTE		VOLTAJE	
		THD <sub>MÁX</sub> MEDICIÓN	THD <sub>MÁX</sub> SIMULACIÓN	THD <sub>MÁX</sub> MEDICIÓN	THD <sub>MÁX</sub> SIMULACIÓN
ILLUCHI 1	2,4	5,4%	5,58%	2,1%	2,93%
ILLUCHI 2	2,4	3,0%	3,45%	1,7%	2,09%

La simulación de las cargas de NOVACERO y CEDAL permite tener escenario más cercano a la realidad que afronta el sistema de ELEPCO S.A. El espectro armónico proveniente de CEDAL no solamente afecta a la Centrales de Generación Illuchi 1 e Illuchi 2, sino también a líneas y transformadores cercanos como los señalados en la Figura 4.19.

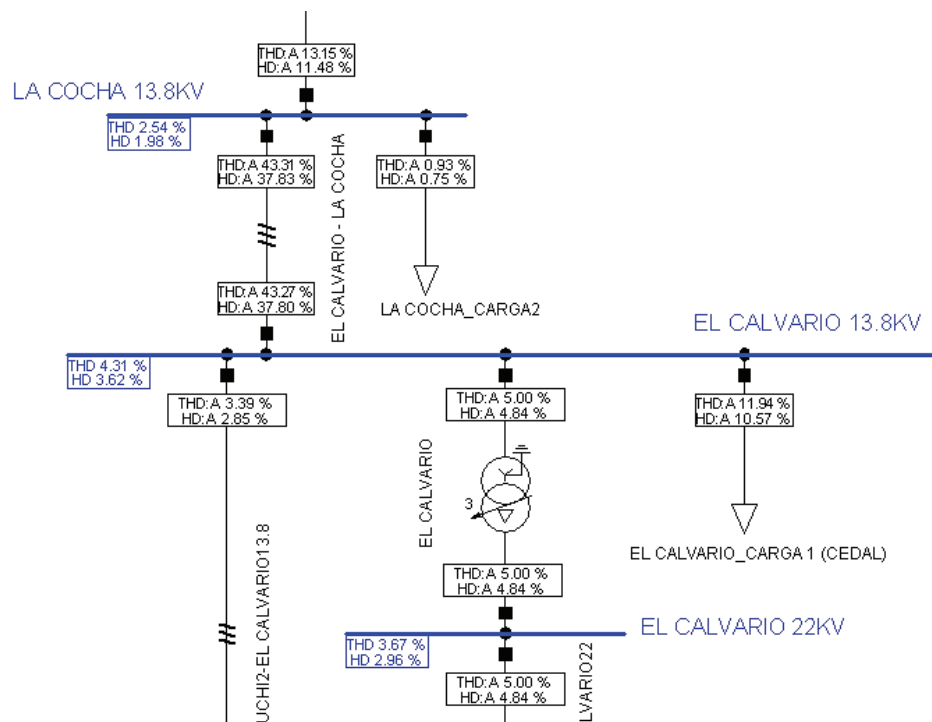


Figura 4.19 Porcentajes de distorsión armónica. Caso NOVACERO - CEDAL en la barra El Calvario de 13,8 kV



La distorsión armónica causada por la carga no lineal que afecta a ELEPCO S.A se transmite por la línea de subtransmisión El Calvario – La Cocha con un THD de corriente igual a 43,27%, valor considerablemente elevado debido al porcentaje de cargabilidad bajo de 4,67% que posee, esto se puede apreciar en la Figura 4.20.

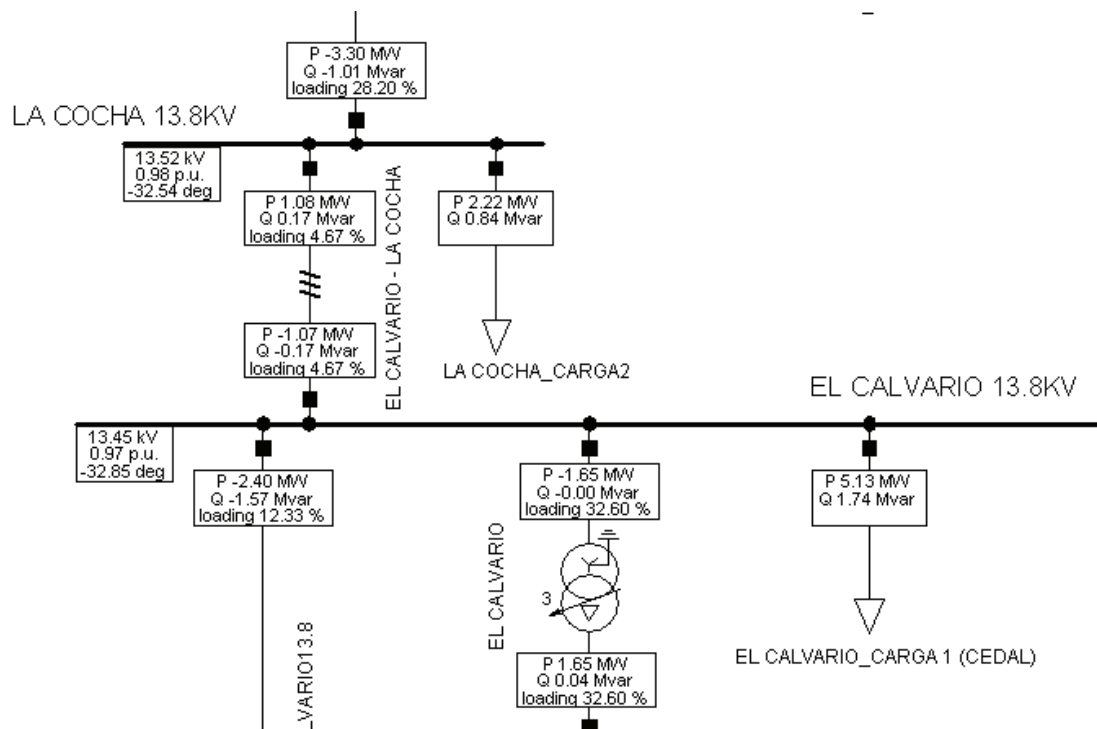


Figura 4.20 Flujo de potencia. Caso NOVACERO - CEDAL en la barra El Calvario de 13,8 kV

El THD de corriente presente en los generadores de la Central Illuchi 1 se transmite primero por el transformador El Calvario con un 5,00%, para luego pasar por la línea que conecta El Calvario con Illuchi 1 incrementando su valor a 5,24%, mismo porcentaje presente en los transformadores Illuchi 1\_1, Illuchi 1\_2 e Illuchi 1\_3, para al final elevarse a 5,58% en el generador Illuchi 1\_G4.

Por otro lado, el THD de voltaje encontrado en cada una de las barras toma un valor de 4,31% a 13,8 kV en El Calvario, 3,67% a 22 kV en El Calvario, 3,15% a 22 kV en Illuchi 1 y 2,93% a 2.4 kV en Illuchi 1.

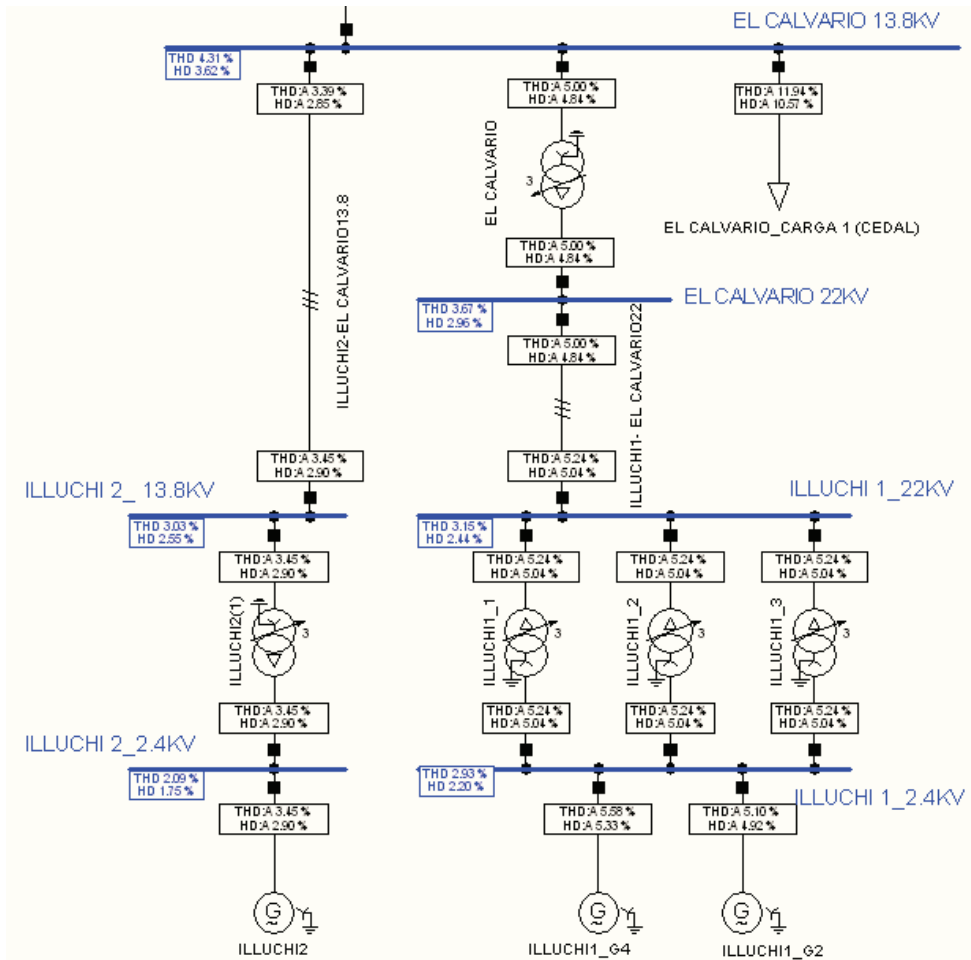


Figura 4.21 Flujo de potencia armónico. Caso NOVACERO - CEDAL en las barras de Illuchi 1e Illuchi 2

En la Central Illuchi 2 la simulación muestra un 3,45% de THD de corriente que se mantiene en casi toda la trayectoria desde la Barra de 13,8 kV de El Calvario, en tanto que el THD de voltaje tiene una disminución importante cuando atraviesa el transformador Illuchi 2, llegando a un 2,09%, como muestra la Figura 4.21.

## **CAPÍTULO 5**

### **ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN DE DISTORSIÓN ARMÓNICA EN LAS UNIDADES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE LAS CENTRALES ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2**

La presencia armónica en un grado superior al recomendado por los organismos de regulación, debe ser mitigada en forma eficaz para prevenir problemas y efectos adversos.

El principal objetivo de la mitigación no es eliminar por completo todas las componentes armónicas producidas por las cargas no lineales presentes en la red, sino disminuir su efecto sobre corrientes y voltajes que al distorsionarse afecta el normal funcionamiento del resto del sistema eléctrico de potencia.

Cuando ya se tiene un conocimiento de los problemas causados por la presencia de armónicos en redes eléctricas y sus consecuencias, se pueden comprender los diferentes métodos para su mitigación, mismos que involucran técnicas diferentes, pero todas ellas basadas en la teoría de los múltiplos de la frecuencia fundamental. El método más común es el filtrado, teniendo como alternativas los filtros activos y pasivos.

#### **5.1 USO DE FILTROS PARA MITIGACIÓN DE ARMÓNICOS [33]**

El filtrado es un método utilizado cuando en una instalación eléctrica se incrementa paulatinamente la carga armónica debido al crecimiento de cargas no lineales o como una solución preventiva para una nueva instalación.

En función del tipo de elementos que componen los filtros, se dividen en dos grupos Pasivos y Activos.

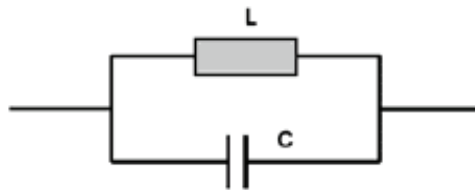
### 5.1.1 FILTROS PASIVOS

Compuestos de elementos pasivos como inductores, capacitores y resistencias conectadas de cierta manera ya sea para para atenuar el flujo de armónicos a través de ellos (serie) o para desviar o cortocircuitar el flujo de armónicos a través de ellos (paralelo).

#### 5.1.1.1 Filtros Pasivos Serie

Conectados en serie con la carga no lineal, un filtro pasivo serie presenta una alta impedancia a los armónicos cercanos a la frecuencia de sintonía y bajas impedancias a medida que los armónicos se apartan por debajo o por encima de dicha frecuencia, Figura 5.1.

Usados comúnmente en instalaciones monofásicas con cargas no lineales, también se los conecta al neutro de instalaciones de capacitores para bloquear el flujo de armónicos “triplens”.



*Figura 5.1 Topología filtro pasivo serie*

Usualmente los filtros pasivos serie se diseñan para tener una impedancia baja a corriente fundamental, siendo esto una desventaja porque sus componentes tiene que ser dimensionados para la corriente nominal de carga.

Los filtros pasivos serie dedicados no introducen resonancias extrañas dentro del sistema de potencia.

#### 5.1.1.2 Filtros Pasivos Paralelo – Antiresonante

Utilizados en casos en que se encuentra instalado o se va a instalar un banco de capacitores para la corrección del factor de potencia, Figura 5.2.

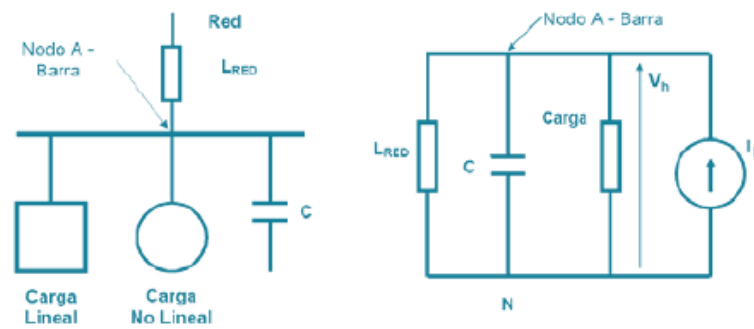


Figura 5.2 Conexión Filtro Pasivo Paralelo

Su ubicación en las proximidades de la carga no lineal hace que funcione de mejor manera. Este filtro absorbe las componentes armónicas para las cuales está sintonizado y deja pasar la componente fundamental de corriente desde la alimentación hasta la carga.

Cuando un circuito no cuenta con este tipo de filtro, la impedancia aumenta linealmente con la frecuencia, funcionando como circuito inductivo; pero, si existe este tipo de filtros o compensación, la impedancia aumenta hasta alcanzar un valor aproximado de  $R$  (parte resistiva de la carga lineal), Figura 5.3, justo a frecuencia de resonancia ( $f_{ar}$ ) del circuito paralelo formado por la inductancia de red y el banco de capacitores vistos desde los terminales de compensación.

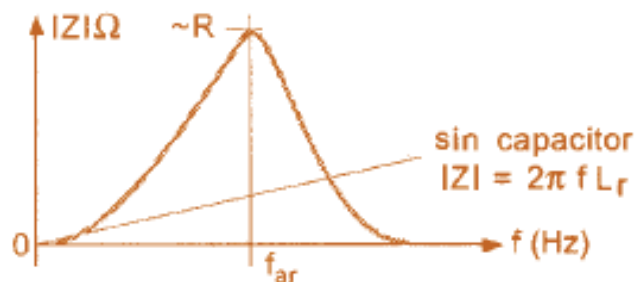


Figura 5.3 Variación del Módulo de la Impedancia con la Frecuencia

Si alguna de las frecuencias de las corrientes armónicas, causadas por cargas no lineales ( $I_h$ ), llega a coincidir con la frecuencia de resonancia, aumenta el voltaje y las corrientes armónicas en los terminales del capacitor, con efectos dañinos para

la instalación. Para evitar que esto suceda se desintoniza la compensación, es decir, se agrega una inductancia o reactor antiresonante, en serie con el banco de capacitores formando una resonancia serie que en junto con el capacitor son parte al “filtro antiresonante.”

### 5.1.1.3 Filtros Pasivos Paralelo – Resonante

Un filtro con una inductancia L y una capacitancia C en serie forman un circuito con frecuencia resonante, sintonizado para eliminar el armónico de corriente deseado, Figura 5.4.

Este filtro presenta una mínima impedancia (resistencia propia del inductor), con lo cual absorbe corriente armónica con baja distorsión de voltaje.

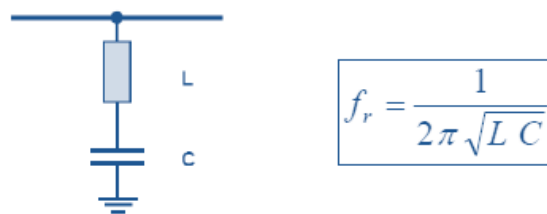


Figura 5.4 Conexión filtro pasivo paralelo resonante y frecuencia resonante

Cuando este filtro está por debajo de la frecuencia a la que fue sintonizado, tiene un comportamiento de capacitor y contribuye en la compensación de potencia reactiva, cuando el sistema se encuentra trabajando a frecuencia nominal.

Puesto que este filtro solo sirve para un tipo de frecuencia de resonancia, si se desea filtrar otras, se deben emplear varias secciones de filtros, Figura 5.5.

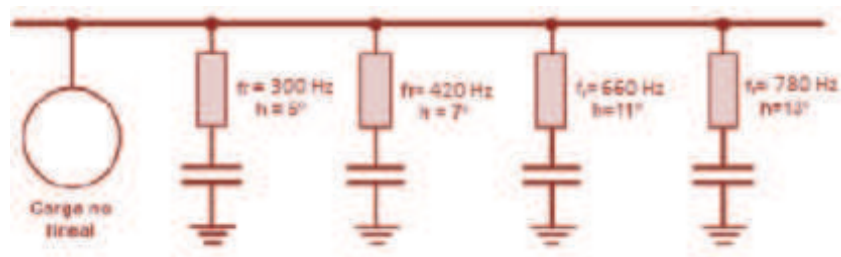
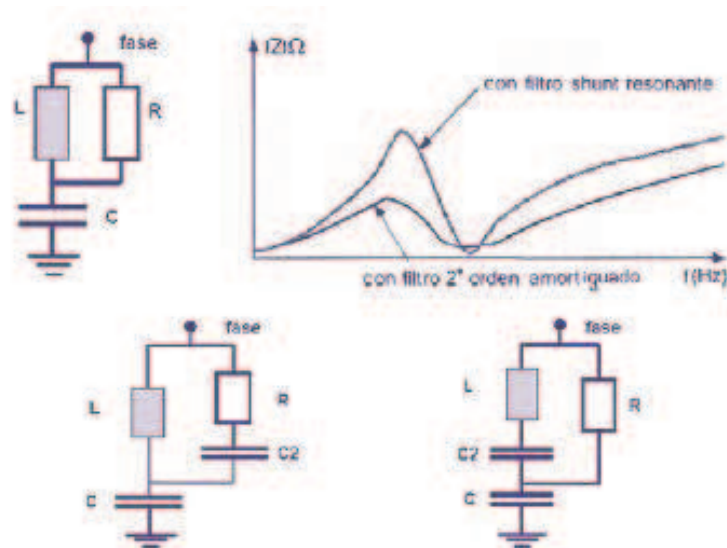


Figura 5.5 Etapas sintonizadas en armónicos 5°, 7°, 11° y 13°

Una de las desventajas del Filtro Paralelo Resonante es su pérdida de sintonía, por lo cual se debe tener presente posibles ajustes (tap's) por correcciones en las tolerancias de fábrica, además el desempeño del filtro es de gran importancia ya que junto al factor de calidad reducen problemas de pérdida de sintonía ante fluctuaciones de frecuencia de la red o frecuencia de resonancia del mismo filtro por variaciones de envejecimiento y temperatura.

#### 5.1.1.4 Filtros Pasivos Paralelo – con Amortiguamiento

Debido al espectro continuo de frecuencias, un filtro pasivo paralelo con amortiguamiento se utiliza con mucha frecuencia en instalaciones con hornos de arco, porque la probabilidad de inyectar corriente de igual frecuencia que la antiresonancia del filtro se ve incrementada.



*Figura 5.6 Configuraciones de filtros pasivos paralelo con amortiguamiento y variación de impedancia con respecto a la frecuencia*

El amortiguamiento se da por medio de una resistencia  $R$ , ubicada en paralelo a  $L$  o  $LC$ , Figura 5.6, que reduce la impedancia de resonancia pero incrementa las pérdidas a frecuencia fundamental.

### 5.1.2 FILTROS ACTIVOS

El avance tecnológico de la electrónica de potencia para el control del flujo de la energía eléctrica, permite el desarrollo de los filtros activos de potencia, cuyo objetivo es mejorar la calidad de suministro.

Estos filtros se encuentran conformados por elementos pasivos y de electrónica de potencia como por ejemplo tiristores o transistores IGBT.

Un filtro activo consta de un módulo de potencia manejado por un módulo de control y encargado de suministrar a la red una forma de onda de corriente o de voltaje lo más sinusoidal posible.

Las diferencias con los filtros pasivos son: mayor costo, menor potencia y no tienen problema en producir resonancia con el sistema.

#### 5.1.2.1 Filtros Activos Serie

No son muy utilizados ya que la inserción de una componente en serie resulta conflictiva por el difícil dimensionamiento que requieren en situaciones severas de fallas. Los filtros activos serie solo compensan los armónicos de voltaje más no los de corriente que son generados por la carga, por esto no tienen una aplicación práctica.



*Figura 5.7 Compensación de forma de onda de un filtro activo serie*

Su funcionamiento se basa en compensar por medio de la generación un voltaje de compensación  $v_c$  que se suma al suministro que se encuentra distorsionado  $v$ , resultando un voltaje sinusoidal  $v_s$  como muestra la Figura 5.7.

La unidad de control censa el voltaje  $v$  y la corriente  $i$  en la entrada generando una señal de voltaje de referencia  $v_c^*$  para el convertidor. En general el filtro funciona como una fuente controlada de voltaje, Figura 5.8.



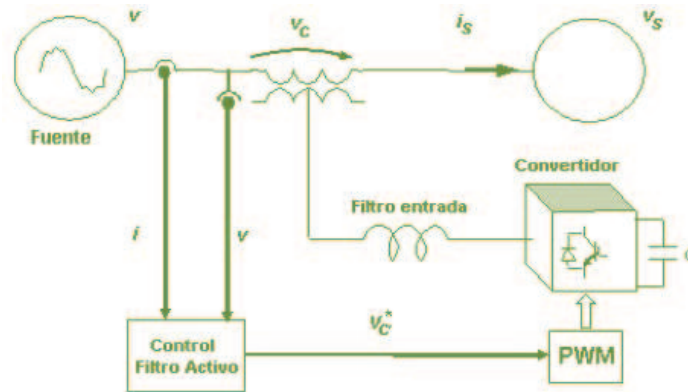


Figura 5.8 Funcionamiento de un filtro activo serie

### 5.1.2.2 Filtros Activos Paralelo

Al contrario de los filtro activos serie los filtros activos paralelos operan como generadores de corriente, compensando la forma de onda distorsionada por la carga.

La unidad de control de estos filtros mide constantemente la corrientes  $i$  en el punto de conexión de la carga, y mediante un algoritmo calcula la corriente de compensación instantánea  $i_c^*$ , por último el convertidor inyecta una corriente  $i_c$  en el punto de acoplamiento, tal como muestra la Figura 5.9.

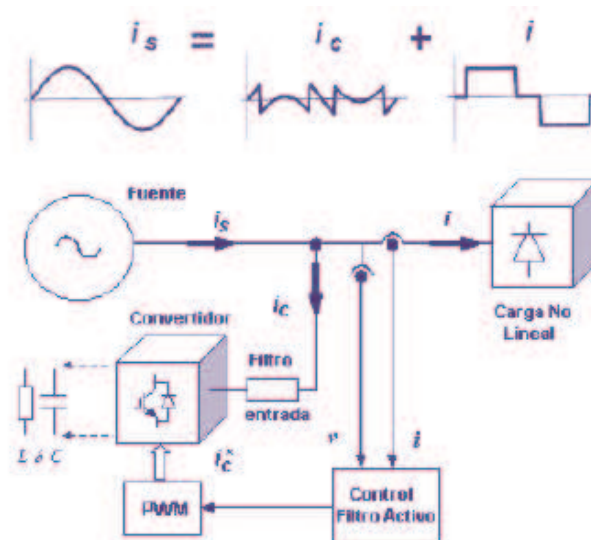


Figura 5.9 Funcionamiento de un filtro activo paralelo

El convertidor trifásico o inversor se conecta con elementos capacitivos (operación como fuente de voltaje); e inductivos (operación como fuente de corriente) para almacenar la corriente que se inyecta al sistema.

Actualmente la fabricación comercial permite compensar hasta armónicos del orden 25º, pero esta compensación puede aumentar conectando varios equipos en paralelo.

### 5.1.2.3 Filtros Activos Combinados

Estos son una combinación de los filtros activos serie y paralelo, con lo cual se puede compensar el voltaje  $v$  de suministro y la corriente  $i_s$  de carga no lineal, simultáneamente. Esta combinación se la conoce como Acondicionador de Calidad de Potencia Unificado (Unified Power Quality Conditioner - UPQC), Figura 5.10.

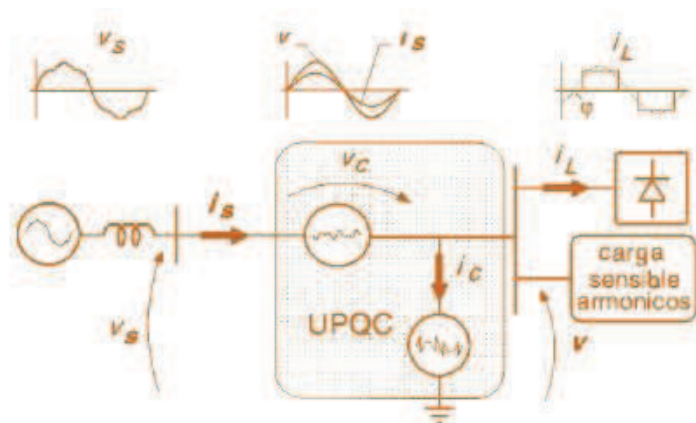


Figura 5.10 Aplicación de UPQC para compensación de voltajes y corrientes distorsionadas

### 5.1.2.4 Filtros Híbridos

Se combinan tanto filtros pasivos como activos en sistemas donde el suministro tiene un voltaje distorsionado y alimenta a cargas no lineales.

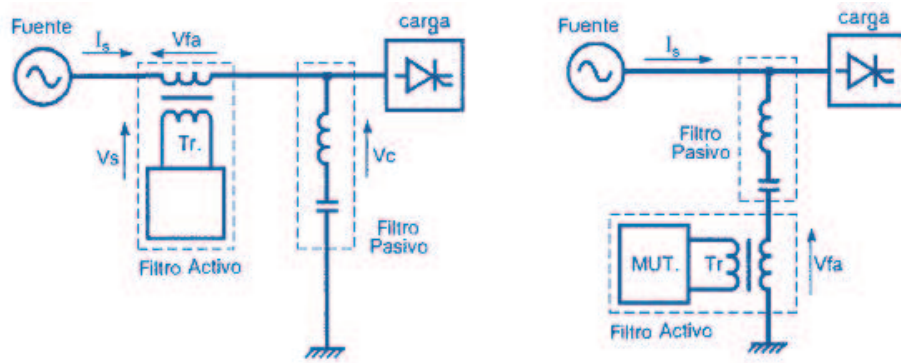


Figura 5.11 Conexión de filtros híbridos

#### 5.1.2.5 Filtros Híbridos Serie – Paralelo

Un filtro híbrido serie – paralelo actúa como impedancia variable en serie, con alta impedancia frente a los armónicos y en cortocircuito para la frecuencia fundamental. Dicha impedancia ayuda a la circulación de corrientes armónicas desde la carga hacia el filtro pasivo, y lo ayuda a no sobrecargarse por efectos armónicos provenientes de la fuente de suministro, aislando la carga de armónicos de voltaje preexistentes en la red. Una desventaja de este filtro es el diseño del transformador  $Tr$  ya que toda sobrecarga en situaciones de cortocircuito y la corriente de carga circulan por el transformador.

#### 5.1.2.6 Filtros Híbridos Paralelo –Serie

A los filtros híbrido paralelo – serie se los puede utilizar en sistemas con mayor potencia y voltaje, además de ya no tener problemas de diseño del transformador  $Tr$ . La parte activa del filtro solamente actúa sobre el espectro armónico de corriente, logrando así aumentar la efectividad de la parte pasiva del filtro y por lo tanto previene el incremento de voltajes armónicos hacia la fuente de suministro en las frecuencias antirresonantes del mismo bloque pasivo. Ambas partes, la pasiva y activa del filtro, se ven disminuidas en impedancia debido a la atenuación de armónicos de corriente entre fuente y carga.

## 5.2 MITIGACIÓN ARMÓNICA EN LAS CENTRALES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2

Según las características y el nivel de contenido armónico presente en las subestaciones de Illuchi 1, Illuchi 2 y El Calvario, es indispensable el uso de filtros, para los armónicos de orden 5 y 7, se debe tomar medidas para la mitigación adecuada de estos.

Para que la mitigación de armónicos sea efectiva es necesario la ubicación de filtros lo más cerca posible de la carga no lineal. En este caso se considera que los filtros deben ser conectados en la Barra de 13,8 kV de la subestación de distribución El Calvario y así mantener un adecuado control de las corrientes armónicas que ingresan a los diversos elementos que conforman el sistema de ELEPCO S.A.

### 5.2.1 DISEÑO DE FILTROS PASIVOS [34] [35]

Al realizar un análisis de los requerimientos y condiciones del sistema de potencia de ELEPCO S.A, se ve la necesidad de utilizar filtros pasivos paralelo – resonantes para los armónicos de orden 5 y 7.

Con la Guía para la Aplicación y Especificación de Filtros de Armónicos de la Norma IEEE Std 1531-2003 se realizan los cálculos necesarios que permiten un correcto diseño de filtros pasivos LC.

Cuando se introduce filtros en un sistema que no posee un banco de capacitores, se realiza un diseño que corrija el factor de potencia bajo causado por la presencia de cargas no lineales. El banco de capacitores para este caso se diseña de la siguiente manera:

- La potencia aparente  $S$  se calcula a partir de la ecuación (5.1):

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (5.1)$$

- Con los valores de  $P$  y  $S$  se obtiene el factor de potencia , ecuación (5.2):

$$fp = \frac{P}{S} \quad (5.2)$$

- La corrección del factor de potencia se realiza a un rango adecuado de 0,9 a 1 (valores no adecuados causan penalizaciones por parte de la empresa distribuidora), y con ello con la ecuación (5.3) se calcula la potencia reactiva del banco de filtro:

$$Q_{eff} = potencia\ activa * factor\ de\ multiplicación \quad [MVar] \quad (5.3)$$

$$Q_{eff} = P * (\tan\phi_1 - \tan\phi_2) \quad [MVar]$$

de dónde:

$\phi_1 = \text{Ángulo del factor de potencia actual}$

$\phi_2 = \text{Ángulo del factor de potencia deseado}$

- Con la potencia reactiva efectiva se obtiene la reactancia efectiva, ecuación (5.4):

$$X_{eff} = \frac{V_{LL-sist}^2}{Q_{eff}} \quad \left[ \frac{kV^2}{MVar} \right] \quad (5.4)$$

- Una vez identificado el orden armónico que se desea filtrar, se considera un porcentaje menor al de la frecuencia de sintonía del filtro como lo sugiere la Norma IEEE Std.1531-2003, y así evitar futuros problemas de resonancia con frecuencias cercanas por el aumento o disminución de carga. Para este proyecto de titulación se maneja el 3% menos de la frecuencia de sintonía.
- La capacitancia e inductancia del filtro a frecuencia fundamental, se obtienen con las ecuaciones (5.5) y (5.6):

$$X_C = \frac{(h*0.97)^2}{(h*0.97)^2 - 1} * X_{eff} \quad ; \quad C = \frac{1}{2\pi f X_C} \quad (5.5)$$

$$X_L = \frac{X_C}{(h*0.97)^2} \quad ; \quad L = \frac{X_L}{2\pi f} \quad (5.6)$$

El filtro debe operar de manera adecuada, aun cuando existan factores que lo puedan dañar, por lo cual se toma en cuenta las recomendaciones de la Norma

IEEE Std. 18-2002, que establece límites para el correcto funcionamiento de capacitores.

- El valor eficaz de la corriente  $I_{total\ rms}$  en el filtro no debe sobrepasar el 135% de la corriente fundamental  $I_{fund}$ :

$$I_{fund} = \frac{\frac{V_{LL-sist}}{\sqrt{3}}}{(X_C - X_L)} \quad (5.7)$$

Las corrientes armónicas  $I_h$  inyectadas por la carga no lineal en porcentaje de la fundamental (datos de mediciones), ayuda al cálculo de la corriente total rms mediante la ecuación (5.8):

$$I_h = \%I_{fund}$$

$$I_{total\ rms} = \sqrt{I_h^2 + \dots + I_n^2} \quad (5.8)$$

La verificación de la norma se la realiza por medio de la ecuación (5.9):

$$\frac{I_{total\ rms}}{I_{fund}} * 100 \leq 135\% \quad (5.9)$$

- El valor de voltaje pico del filtro  $V_{C\ L-N\ total\ pico}$  no debe sobrepasar el 120% del voltaje pico del sistema  $V_{L-N\ pico\ sist}$ :

$$V_{C\ L-N\ total\ pico} = \sqrt{2} * (V_C + V_C(h)) \quad (5.10)$$

$$V_C = I_{fund} * X_C \quad (5.11)$$

$$V_C(h) = \sum_h^n \left( I(h) * \frac{X_C}{h} \right) \quad (5.12)$$

$$V_{L-N\ pico\ sist} = \sqrt{2} * \frac{V_{LL\ sist}}{\sqrt{3}} \quad (5.13)$$

La verificación de la norma se realiza por medio de la ecuación (5.14)

$$\frac{V_{C \text{ L-N total pico}}}{V_{\text{L-N pico sist}}} * 100 \leq 120\% \quad (5.14)$$

- El valor eficaz del voltaje del filtro  $V_{C \text{ L-N total rms}}$  no debe sobrepasar el 110% del voltaje eficaz del sistema  $V_{\text{L-N rms sist}}$ :

$$V_{C \text{ L-N total rms}} = \sqrt{V_C(h)^2 + \dots + V_C(n)^2} \quad (5.15)$$

$$V_{\text{L-N rms sist}} = \frac{V_{\text{LL sist}}}{\sqrt{3}} \quad (5.16)$$

La verificación de la norma se realiza por medio de la ecuación (5.17).

$$\frac{V_{C \text{ L-N total rms}}}{V_{\text{L-N rms sist}}} * 100 \leq 110\% \quad (5.17)$$

- El valor de la potencia reactiva recalculada no debe sobrepasar el valor de potencia reactiva efectiva.

$$Q_{3\phi \text{ recalculada}} = 3 * \frac{V_{C \text{ L-N total rms}}^2}{X_C} \quad (5.18)$$

La verificación de la norma se realiza por medio de la ecuación (5.19).

$$\frac{Q_{3\phi \text{ recalculada}}}{Q_{\text{eff}}} * 100 \leq 135\% \quad (5.19)$$

- El último factor a evaluar es el calentamiento del dieléctrico del capacitor del filtro:

$$|3 * \sum_h (V(h) * I(h))| \leq 1,35 * Q_{3\phi \text{ recalculada}} \quad (5.20)$$

Si todos los límites son cumplidos por un margen sustancial, se dice que el diseño propuesto es satisfactorio.

Como el camino del espectro armónico sigue bajas impedancias y para cuestiones de diseño no es necesario dimensionar una resistencia (R), tomando en cuenta que la impedancia Z sigue la ecuación (5.21) se justifica esta consideración.

$$Z = R + j(hX_L - X_C/h) \quad (5.21)$$

A frecuencia fundamental  $h$  (orden de armónico) es igual a 1, la ecuación característica de  $Z$  (5.21), pero cuando existe presencia de espectro armónico  $h$  será sigue la ecuación (5.22).

$$h = \sqrt{X_C/X_L} \quad (5.22)$$

Remplazando  $h$  y  $R$  igual a cero en la ecuación (5.21) se tiene:

$$Z = 0 + j(\sqrt{X_C/X_L} * X_L - X_C/\sqrt{X_C/X_L})$$

$$Z = 0 + j(\sqrt{X_C * X_L} - \sqrt{X_C * X_L})$$

$$Z = 0 + j(0) = 0 \Omega$$

Idealmente  $Z$  toma un valor de cero, pero en la realidad eso no sucede ya que la inductancia  $L$  cuenta con su propia resistencia  $R_L \ll Z_{\text{sistema}}$ .

### 5.2.1.1 Diseño de Filtros en la Barra de 13,8 kV de la Subestación El Calvario

La carga generadora de distorsión armónica conectada a la barra de 13,8 kV de la subestación El Calvario tiene un factor de potencia  $fp_1$  de 0,947 inductivo y potencia activa de 5,13MW.

#### 5.2.1.1.1 Cálculo del Filtro de Quinto Armónico de acuerdo a la Norma IEEE Std 1531-2003

Para el diseño del filtro de 5° armónico se toma como referencia un valor de 2,5 MW de potencia y se desea incrementar el factor de potencia a 0,97.

Siguiendo el proceso del numeral 5.2.1, ecuaciones 5.3 a la 5.6, en base a la Norma IEEE 1531-2003 se tiene:

$$- Q_{eff} = P(\tan\phi_1 - \tan\phi_2)$$

$$Q_{eff} = 2,5 \text{ MW} * (\tan(\cos^{-1}(0,947)) - \tan(\cos^{-1}(0,97))) = 0,22 \text{ MVar}$$

$$- X_{eff} = \frac{V_{LL-sist}(kV)^2}{Q_{eff} (MVar)}$$



$$X_{eff} = \frac{13,8 \text{ kV}^2}{0,22 \text{ MVA}r} = 859,89 \Omega$$

$$- X_C = \frac{(h*0,97)^2}{(h*0,97)^2 - 1} * X_{eff}$$

$$X_C = \frac{(5 * 0,97)^2}{(5 * 0,97)^2 - 1} * 859,89 \Omega = 898,07 \Omega$$

$$- C = \frac{1}{2\pi f X_C}$$

$$C = \frac{1}{2\pi * 60 \text{ Hz} * 898,07 \Omega} = 2,95 \mu F$$

$$- X_L = \frac{X_C}{(h*0,97)^2}$$

$$X_L = \frac{898,07 \Omega}{(5 * 0,97)^2} = 38,18 \Omega$$

$$- L = \frac{X_L}{2\pi f}$$

$$L = \frac{38,18 \Omega}{2\pi * 60 \text{ Hz}} = 101,3 \text{ mH}$$

La comprobación de los parámetros de diseño se realiza en base a las Normas IEEE Std. 18-2002 e IEEE Std. 1531-2003, ecuaciones (5.7) a (5.20):

- El valor eficaz de la corriente en el filtro no debe sobrepasar el 135% de la corriente fundamental:

$$I_{fund} = \frac{\frac{V_{LL-sist}}{\sqrt{3}}}{(X_C - X_L)}$$

$$I_{fund} = \frac{13800 \text{ V} / \sqrt{3}}{(898,07 \Omega - 38,18 \Omega)} = 9,27 \text{ A}$$

$$I_h = \% * I_{fund}$$

$$I_{5\%} = 5,0877 = \frac{I_5}{I_{fund}} * 100 ; I_5 = \frac{5,0877 * 9,27A}{100} = 0,47 A$$

$$I_{7\%} = 10,5695 = \frac{I_7}{I_{fund}} * 100 ; I_7 = \frac{10,5695 * 9,27A}{100} = 0,98 A$$

$$I_{11\%} = 2,1614 = \frac{I_{11}}{I_{fund}} * 100 ; I_{11} = \frac{2,1614 * 9,27A}{100} = 0,20A$$

$$I_{13\%} = 0,4725 = \frac{I_{13}}{I_{fund}} * 100 ; I_{13} = \frac{0,4725 * 9,27A}{100} = 0,044A$$

$$I_{total\ rms} = \sqrt{I_h^2 + \dots + I_n^2}$$

$$I_{total\ rms} = \sqrt{9,27^2 + 0,47^2 + 0,98^2 + 0,20^2 + 0,044^2} = 9,33 A$$

Verificación de la norma:

$$\frac{I_{total\ rms}}{I_{fund}(1)} * 100 \leq 135\%$$

$$\frac{9,33 A}{9,27 A} * 100 \leq 135\%$$

$$100,7\% \leq 135\% \quad \therefore \text{SI CUMPLE}$$

- El valor de voltaje pico del filtro no debe sobrepasar el 120% del voltaje pico del sistema:

$$V_C = I_{fund} * X_C$$

$$V_C = 9,27A * 898,07 \Omega = 8321,23 V$$

$$V_C(h) = \sum_h^n (V(h)) = \sum_h^n \left( I(h) * \frac{X_C}{h} \right)$$

$$V_C(h) = V(5) + V(7) + V(11) + V(13)$$

$$V_C(h) = \left( I(5) * \frac{898,07 \Omega}{5} \right) + \left( I(7) * \frac{898,07 \Omega}{7} \right) + \left( I(11) * \frac{898,07 \Omega}{11} \right) + \left( I(13) * \frac{898,07 \Omega}{13} \right)$$

$$V_C(h) = \left(0,47 A * \frac{898,07 \Omega}{5}\right) + \left(0,98 A * \frac{898,07 \Omega}{7}\right) + \left(0,20 A * \frac{898,07 \Omega}{11}\right) + \left(0,044 A * \frac{898,07 \Omega}{13}\right)$$

$$V_C(h) = (84,67 V) + (125,64 V) + (16,35 V) + (3,03 V)$$

$$V_C(h) = 229,69 V$$

$$V_{C \text{ L-N total pico}} = \sqrt{2} * (V_C + V_C(h))$$

$$V_{C \text{ L-N total pico}} = \sqrt{2} * (8321,23 V + 229,69 V) = 12092,83 V$$

$$V_{L-N \text{ pico sist}} = \sqrt{2} * \frac{13800}{\sqrt{3}} = 11267,65 V$$

Verificación de la norma:

$$\frac{V_{C \text{ L-N total pico}}}{V_{L-N \text{ pico sist}}} * 100 \leq 120\%$$

$$\frac{12092,83 V}{11267,65 V} * 100 \leq 120\%$$

$$107,3\% \leq 120\% \quad \therefore \text{SI CUMPLE}$$

- El valor eficaz del voltaje del filtro no debe sobrepasar el 110% del voltaje eficaz del sistema:

$$V_{C \text{ L-N total rms}} = \sqrt{V_C^2 + V_C(5)^2 + V_C(7)^2 + V_C(11)^2 + V_C(13)^2}$$

$$V_{C \text{ L-N total rms}} = \sqrt{8321,23 V^2 + 84,67 V^2 + 125,64 V^2 + 16,35 V^2 + 3,03 V^2}$$

$$V_{C \text{ L-N total rms}} = 8322,63 V$$

$$V_{L-N \text{ rms sist}} = \frac{V_{LL \text{ sist}}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{L-N \text{ rms sist}} = \frac{13800}{\sqrt{3}} = 7967,43 V$$

Verificación de la norma:

$$\frac{V_{C \text{ L-N total rms}}}{V_{L-N rms sist}} * 100 \leq 110\%$$

$$\frac{8322,63 \text{ V}}{7967,43 \text{ V}} * 100 \leq 110\%$$

$$104,46\% \leq 110\% \quad \therefore \text{SI CUMPLE}$$

- El valor de la potencia reactiva recalculada no debe sobrepasar el valor de potencia reactiva efectiva.

$$Q_{3\phi \text{ recalculada}} = 3 * \frac{V_{C \text{ L-N total rms}}^2}{X_C}$$

$$Q_{3\phi \text{ recalculada}} = 3 * \frac{8322,63 \text{ V}^2}{898,07 \Omega} = 231383,71 \text{ VAr} = 0,23 \text{ MVar}$$

Verificación de la norma:

$$\frac{Q_{3\phi \text{ recalculada}}}{Q_{eff}} * 100 \leq 135\%$$

$$\frac{0,23 \text{ MVar}}{0,22 \text{ MVar}} * 100 \leq 135\%$$

$$104,5\% \leq 135\% \quad \therefore \text{SI CUMPLE}$$

- El último factor evalúa el calentamiento del dieléctrico del capacitor del filtro:

$$\left| 3 * \sum_{h=1} (V(h) * I(h)) \right| \leq 1,35 * Q_{3\phi \text{ recalculada}}$$

$$\left| 3 * \sum_{h=1} (V(h) * I(h)) \right| = \left| 3 * ((V(1) * I(1)) + (V(5) * I(5)) + (V(7) * I(7)) + (V(11) * I(11)) + (V(13) * I(13))) \right|$$

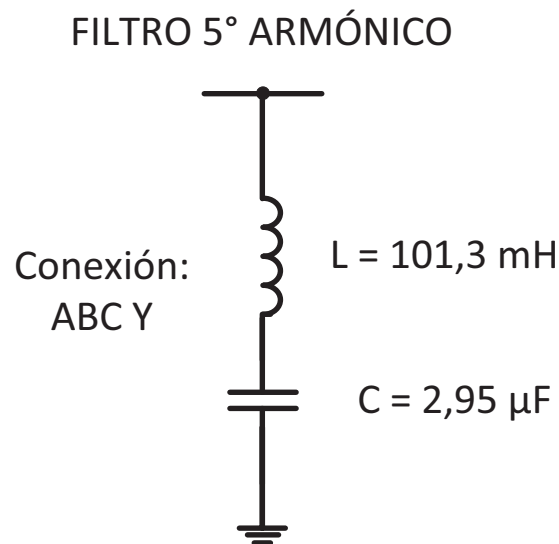
$$\left| 3 * \sum_{h=1} (V(h) * I(h)) \right| = \left| 3 * \left( \begin{array}{l} (8321,23 \text{ V} * 9,27 \text{ A}) + (84,67 \text{ V} * 0,47 \text{ A}) + (125,64 \text{ V} * 0,98 \text{ A}) + \\ (16,35 \text{ V} * 0,20 \text{ A}) + (3,03 \text{ V} * 0,04 \text{ A}) \end{array} \right) \right|$$

$$\left| 3 * \sum_{h=1} (V(h) * I(h)) \right| = 231793,87 \text{ VAr} = 0,23 \text{ MVar}$$

$$0,23 \text{ MVar} \leq 1,35 * 0,23 \text{ MVar}$$

$$0,23 \text{ MVar} \leq 0,31 \text{ MVar} \therefore \text{SI CUMPLE}$$

Todos los límites se cumplen por un margen sustancial por lo tanto el diseño propuesto es satisfactorio, El filtro pasivo serie para 5° armónico se muestra en la Figura 5.12.



*Figura 5.12 Filtro de 5° Armónico*

#### 5.2.1.1.2 Cálculo del Filtro de Séptimo Armónico de acuerdo a la Norma IEEE Std 1531-2003

Para el diseño del filtro de 7° armónico se toma 2,63 MW de potencia y se desea incrementar el factor de potencia a 0,97.

Siguiendo el proceso del numeral 5.2.1, ecuaciones 5.3 a la 5.6, en base a la Norma IEEE 1531-2003 se tiene:

$$- Q_{eff} = P(\tan\phi_1 - \tan\phi_2)$$

$$Q_{eff} = 2,63 \text{ MW} * (\tan(\cos^{-1}(0,947)) - \tan(\cos^{-1}(0,97))) = 0,23 \text{ MVar}$$

$$- X_{eff} = \frac{V_{LL-sist}(kV)^2}{Q_{eff} (MVar)}$$

$$X_{eff} = \frac{13,8 kV^2}{0,23 MVar} = 817,39 \Omega$$

$$- X_C = \frac{(h*0,97)^2}{(h*0,97)^2 - 1} * X_{eff}$$

$$X_C = \frac{(7 * 0,97)^2}{(7 * 0,97)^2 - 1} * 817,39 \Omega = 835,51 \Omega$$

$$- C = \frac{1}{2\pi f X_C}$$

$$C = \frac{1}{2\pi * 60Hz * 835,51 \Omega} = 3,18\mu F$$

$$- X_L = \frac{X_C}{(h*0,97)^2}$$

$$X_L = \frac{835,51 \Omega}{(7 * 0,97)^2} = 18,12\Omega$$

$$- L = \frac{X_L}{2\pi f}$$

$$L = \frac{18,12\Omega}{2\pi * 60 Hz} = 48,07 mH$$

La comprobación de los parámetros de diseño se realiza en base a las Normas IEEE Std. 18-2002 e IEEE Std. 1531-2003, ecuaciones (5.7) a (5.20):

- El valor eficaz de la corriente en el filtro no debe sobrepasar el 135% de la corriente fundamental:

$$I_{fund} = \frac{\frac{V_{LL-sist}}{\sqrt{3}}}{(X_C - X_L)}$$

$$I_{fund} = \frac{13800 V / \sqrt{3}}{(835,51 \Omega - 18,12 \Omega)} = 9,75 A$$

$$I_h = \% * I_{fund}$$

$$I_{5\%} = 5,0877 = \frac{I_5}{I_{fund}} * 100 ; I_5 = \frac{5,0877 * 9,75 A}{100} = 0,496 A$$

$$I_{7\%} = 10,5695 = \frac{I_7}{I_{fund}} * 100 ; I_7 = \frac{10,5695 * 9,75 A}{100} = 1,03 A$$

$$I_{11\%} = 2,1614 = \frac{I_{11}}{I_{fund}} * 100 ; I_{11} = \frac{2,1614 * 9,75 A}{100} = 0,21 A$$

$$I_{13\%} = 0,4725 = \frac{I_{13}}{I_{fund}} * 100 ; I_{13} = \frac{0,4725 * 9,75 A}{100} = 0,046 A$$

$$I_{total rms} = \sqrt{I_h^2 + \dots + I_n^2}$$

$$I_{total rms} = \sqrt{9,75 A^2 + 0,496 A^2 + 1,03 A^2 + 0,21 A^2 + 0,046 A^2} = 9,82 A$$

Verificación de la norma:

$$\frac{I_{total rms}}{I_{fund}} * 100 \leq 135\%$$

$$\frac{9,82 A}{9,75 A} * 100 \leq 135\%$$

$$100,7\% \leq 135\% \quad \therefore \text{SI CUMPLE}$$

- El valor de voltaje pico del filtro no debe sobrepasar el 120% del voltaje pico del sistema:

$$V_C = I_{fund} * X_C$$

$$V_C = 9,75 A * 835,51 \Omega = 8144,08 V$$

$$V_C(h) = \sum_h^n (V(h)) = \sum_h^n \left( I(h) * \frac{X_C}{h} \right)$$

$$V_C(h) = V(5) + V(7) + V(11) + V(13)$$

$$V_C(h) = \left( I(5) * \frac{835,51 \Omega}{5} \right) + \left( I(7) * \frac{835,51 \Omega}{7} \right) + \left( I(11) * \frac{835,51 \Omega}{11} \right) + \left( I(13) * \frac{835,51 \Omega}{13} \right)$$

$$V_C(h) = \left( 0,496 \text{ A} * \frac{835,51 \Omega}{5} \right) + \left( 1,03 \text{ A} * \frac{835,51 \Omega}{7} \right) + \left( 0,21 \text{ A} * \frac{835,51 \Omega}{11} \right) + \left( 0,046 \text{ A} * \frac{835,51 \Omega}{13} \right)$$

$$V_C(h) = (82,87\text{V}) + (122,98 \text{ V}) + (16,004 \text{ V}) + (2,96 \text{ V})$$

$$V_C(h) = 224,81 \text{ V}$$

$$V_{C \text{ L-N total pico}} = \sqrt{2} * (V_{C1} + V_C(h))$$

$$V_{C \text{ L-N total pico}} = \sqrt{2} * (8144,08\text{V} + 224,81 \text{ V}) = 11835,39 \text{ V}$$

$$V_{L-N \text{ pico sist}} = \sqrt{2} * \frac{13800}{\sqrt{3}} = 11267,65 \text{ V}$$

Verificación de la norma:

$$\frac{V_{C \text{ L-N total pico}}}{V_{L-N \text{ pico sist}}} * 100 \leq 120\%$$

$$\frac{11835,39\text{V}}{11267,65 \text{ V}} * 100 \leq 120\%$$

$$105,04\% \leq 120\% \quad \therefore \text{ SI CUMPLE}$$

- El valor eficaz del voltaje del filtro no debe sobrepasar el 110% del voltaje eficaz del sistema:

$$V_{C \text{ L-N total rms}} = \sqrt{V_C^2 + V_C(5)^2 + V_C(7)^2 + V_C(11)^2 + V_C(13)^2}$$

$$V_{C \text{ L-N total rms}} = \sqrt{8144,08 \text{ V}^2 + 82,87 \text{ V}^2 + 122,98 \text{ V}^2 + 16,004 \text{ V}^2 + 2,96 \text{ V}^2}$$

$$V_{C \text{ L-N total rms}} = 8145,45 \text{ V}$$

$$V_{L-N \text{ rms sist}} = \frac{V_{LL \text{ sist}}}{\sqrt{3}}$$



$$V_{L-N \text{ rms sist}} = \frac{13800}{\sqrt{3}} = 7967,43 \text{ V}$$

Verificación de la norma:

$$\frac{V_{C \text{ L-N total rms}}}{V_{L-N \text{ rms sist}}} * 100 \leq 110\%$$

$$\frac{8145,45}{7967,43 \text{ V}} * 100 \leq 110\%$$

$$102,2\% \leq 110\% \quad \therefore \text{SI CUMPLE}$$

- El valor de la potencia reactiva recalculada no debe sobrepasar el valor de potencia reactiva efectiva.

$$Q_{3\phi \text{ recalculada}} = 3 * \frac{V_{C \text{ L-N total rms}}^2}{X_C}$$

$$Q_{3\phi \text{ recalculada}} = 3 * \frac{8145,45 \text{ V}^2}{835,51 \Omega} = 238232,32 \text{ VAr} = 0,24 \text{ MVar}$$

Verificación de la norma:

$$\frac{Q_{3\phi \text{ recalculada}}}{Q_{eff}} * 100 \leq 135\%$$

$$\frac{0,24 \text{ MVar}}{0,23 \text{ MVar}} * 100 \leq 135\%$$

$$104\% \leq 135\% \quad \therefore \text{SI CUMPLE}$$

- El último factor evalúa el calentamiento del dieléctrico del capacitor del filtro:

$$\left| 3 * \sum_{h=1} (V(h) * I(h)) \right| \leq 1,35 * Q_{3\phi \text{ recalculada}}$$

$$\left| 3 * \sum_{h=1} (V(h) * I(h)) \right| = \left| 3 * ((V(1) * I(1)) + (V(5) * I(5)) + (V(7) * I(7)) + (V(11) * I(11)) + (V(13) * I(13))) \right|$$

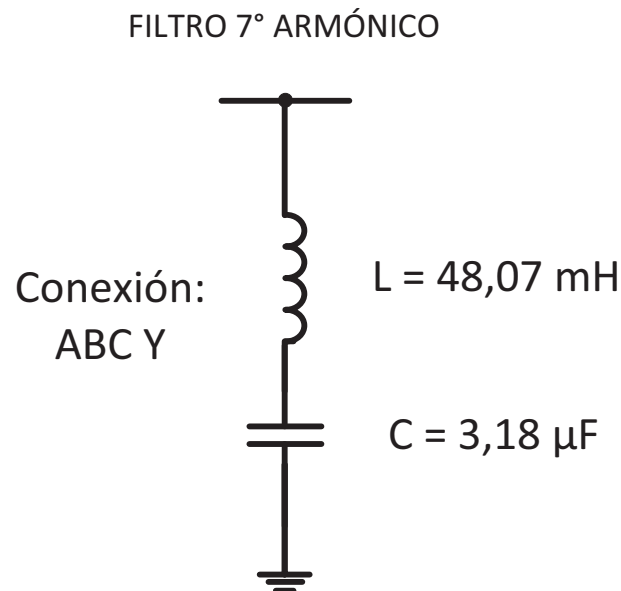
$$\left| 3 * \sum_{h=1} (V(h) * I(h)) \right| = \left| 3 * \left( (8144,08 V * 9,75 A) + (82,87 V * 0,496 A) + (122,98 V * 1,03 A) + (16,004 V * 0,21 A) + (2,28 V * 0,046 A) \right) \right|$$

$$\left| 3 * \sum_{h=1} (V(h) * I(h)) \right| = 238667,52 VAr = 0,24 MVar$$

$$0,24 MVar \leq 1,35 * 0,24 MVar$$

$$0,24 MVar \leq 0,324 MVar \quad \therefore \text{SI CUMPLE}$$

Todos los límites se cumplen por un margen sustancial por lo tanto el diseño propuesto es satisfactorio. El filtro pasivo serie para 7° armónico se muestra en la Figura 5.13.



*Figura 5.13 Filtro de 7° Armónico*

### 5.3 IMPLEMENTACIÓN DE FILTROS EN LA SIMULACIÓN

Una vez diseñados los filtros para 5° y 7° armónico, se procede a su implementación en la simulación en Power Factory, a fin de comprobar si el diseño disminuye el contenido armónico en las Centrales Hidroeléctricas Illuchi 1 e Illuchi 2.

Se debe recordar que la mitigación no pretende eliminar el contenido armónico, sino que su objetivo principal es disminuirlo, conforme las normas y estándares del IEEE.

La diferencia al incluir filtros para armónicos de orden 5 y 7 se presentan en la Figura 5.14 y 5.15, siendo el principal efecto en el sistema de ELEPCO S.A. la disminución de THD de corriente a 2,21% en uno de los generadores de la Central Illuchi 1 y a 1,59% en la Central Illuchi 2.

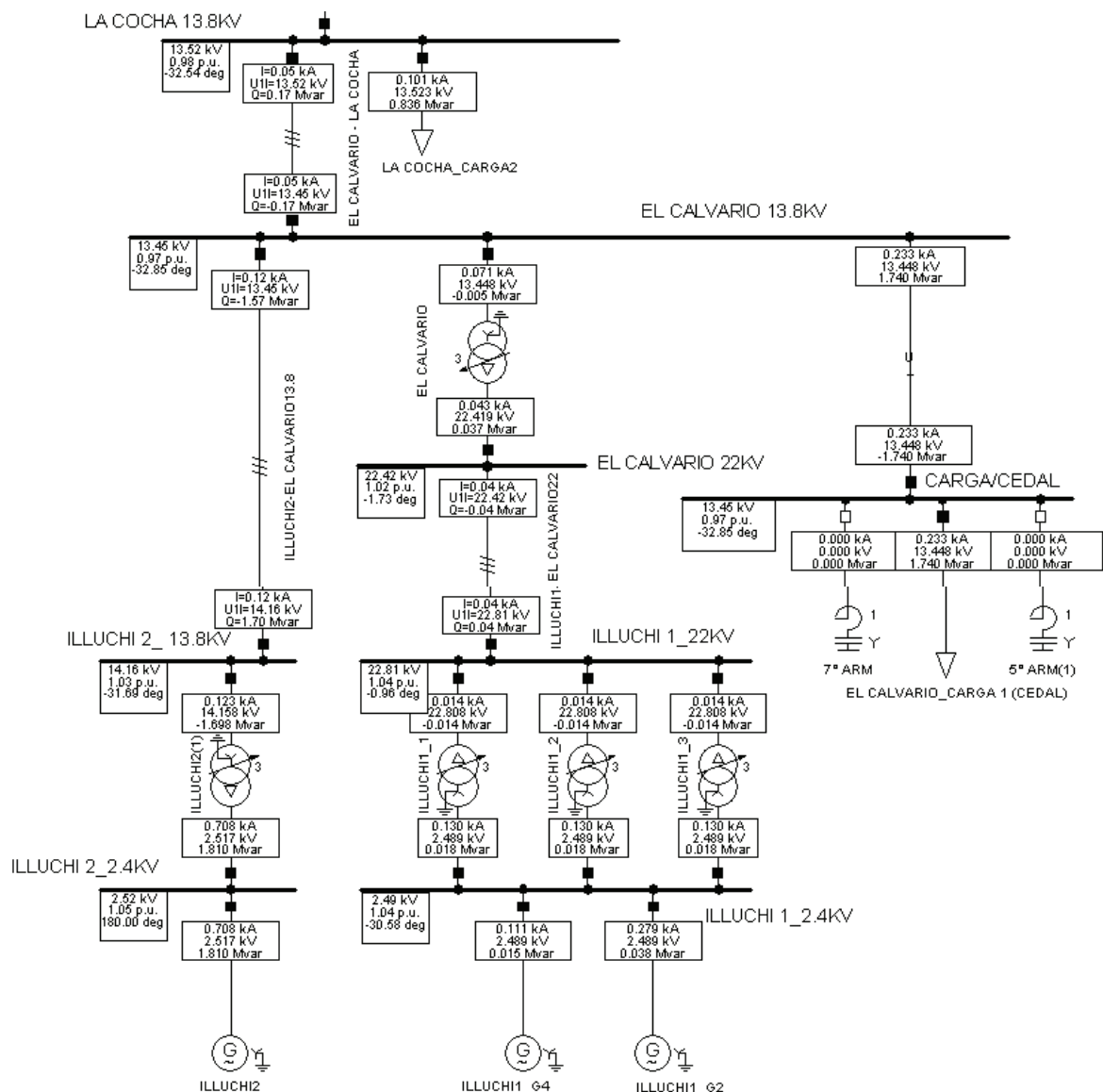


Figura 5.14 Flujo de potencia en el caso NOVACERO-CEDAL sin filtrado de armónicos

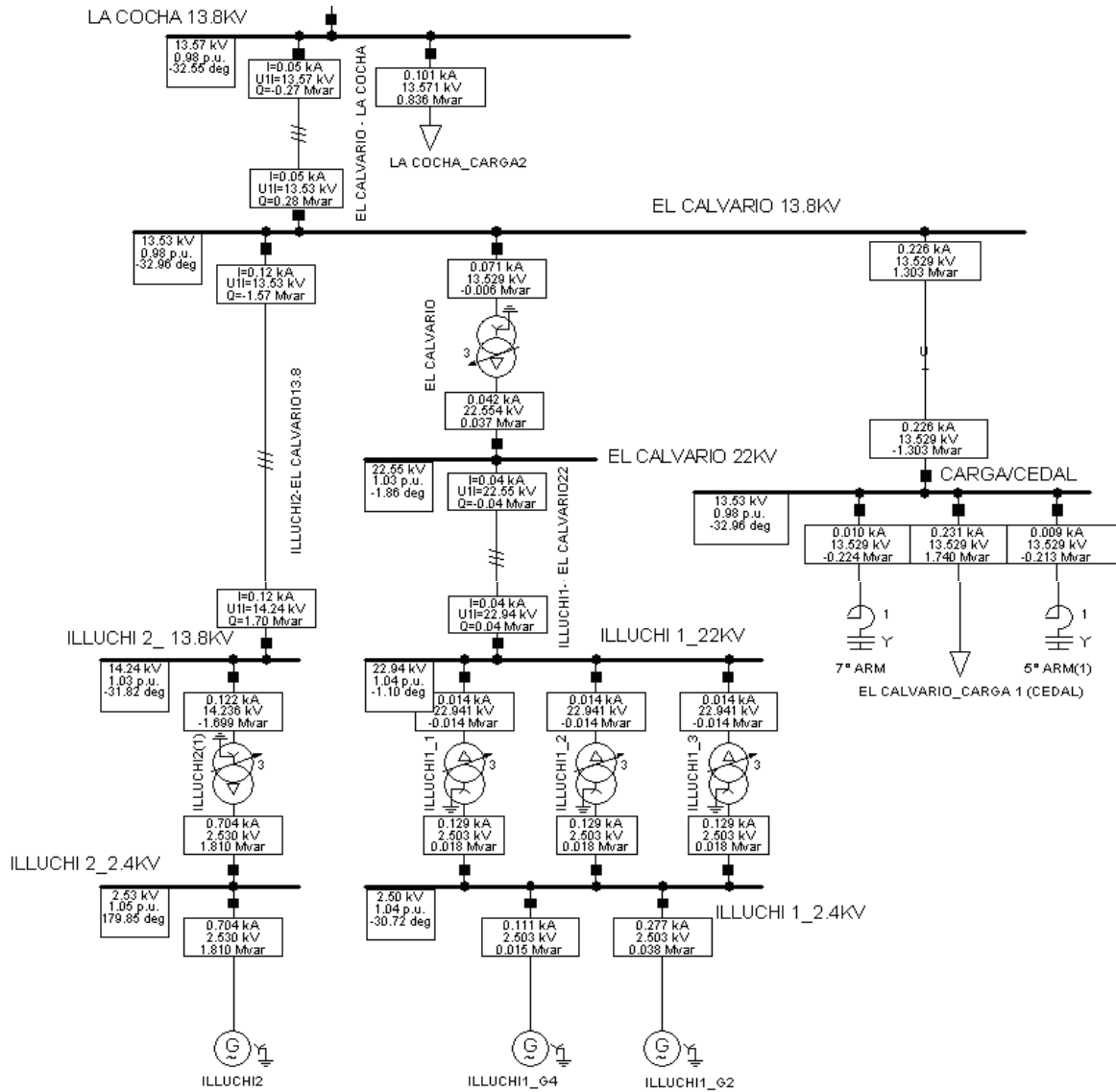


Figura 5.15 Flujo de potencia en el caso NOVACERO-CEDAL con filtrado de armónicos

La Tabla 5.1 y la Tabla 5.2 resumen los valores de corriente y voltaje antes y después de la implementación de los filtros pasivos para 5° y 7° armónicos, con los cuales se logra una pequeña variación en las corrientes y voltajes.

Tabla 5.1 Valores de Corriente con y sin filtros en el caso NOVACERO – CEDAL

TIPO	Nombre	Corriente SIN Filtro [kA]	Corriente CON Filtro [kA]	Variación [%]	
<b>Líneas</b>	La Cocha – El Calvario	0,0466	0,0473	1,50↑	
	El Calvario – Illuchi 1	0,0425	0,0423	0,47↓	
	El Calvario – Illuchi 2	0,1232	0,1226	0,49↓	
<b>Transformadores</b>	El Calvario	<b>AV</b>	0,0426	0,0423	0,59↓
		<b>BV</b>	0,0709	0,0705	0,58↓
	Illuchi 1 (x 3)	<b>AV</b>	0,0142	0,0141	0,56↓
		<b>BV</b>	0,1300	0,1292	0,58↓
	Illuchi 2	<b>AV</b>	0,1231	0,1225	0,52↓
		<b>BV</b>	0,7079	0,7042	0,52↓
<b>Generadores</b>	Illuchi 1_ G2	0,2785	0,2769	0,58↓	
	Illuchi 1_ G4	0,1114	0,1108	0,58↓	
	Illuchi 2	0,7079	0,7042	0,52↓	
<b>Cargas</b>	La Cocha	0,1015	0,1011	0,39↓	
	El Calvario	0,2326	0,2312	0,60↓	

Tabla 5.2 Valores de Voltaje con y sin filtros en el caso NOVACERO – CEDAL

Nombre de Barra	Nivel de Voltaje [kV]	Voltaje SIN Filtro [kV]	Voltaje CON Filtro [kV]	Variación [%]
<b>La Cocha</b>	13,8	13,52	13,57	0,37↑
<b>El Calvario</b>	13,8	13,45	13,53	0,59↑
<b>El Calvario</b>	22	22,42	22,55	0,58↑
<b>Illuchi 1</b>	22	22,81	22,94	0,57↑
<b>Illuchi 1</b>	2,4	2,49	2,50	0,40↑
<b>Illuchi 2</b>	13,8	14,16	14,24	0,56↑
<b>Illuchi 2</b>	2,4	2,52	2,53	0,40↑

Con respecto a flujos de potencia existe un variación notable según las Figura 5,14 y Figura 5.15 en la línea El Calvario - La Cocha, el aporte de potencia reactiva a la barra de 13,8 kV de El Calvario es de 0,17 MVar sin filtros pasivos para armónicos y con estos el flujo de potencia reactiva cambia su dirección y es ahora la barra a 13,8 kV de La Cocha la que recibe 0,27 MVar, esto por motivos de que la inclusión de los filtros armónicos de orden 5 y 7 en estado estable entregan la potencia reactiva con la cual se diseñaron, cubriendo un porcentaje de

la potencia reactiva requerida por la carga de El Calvario, y así el exceso se dirige hacia el resto del sistema de ELEPCO S.A aguas arriba de la barra de 13,8 kV de El Calvario.

Por otro lado, los valores de distorsión armónica de corriente y voltaje indicados en las Tablas 5.3 y 5.4 revelan la importancia de la inclusión de filtros para mitigación armónica, ya que la reducción de contenido armónico permite mantener un adecuado funcionamiento de cada uno de los elementos ubicados en las zonas cercanas a la carga no lineal de CEDAL, donde el contenido armónico tiene mayor afectación, tal y como se visualiza en las Figura 5.16 y 5.17.

*Tabla 5.3 Valores de THD de corriente con y sin filtros en el caso NOVACERO – CEDAL*

TIPO	Nombre	THD Corriente SIN Filtro [%]	THD Corriente CON Filtro [%]	Variación [%]
<b>Líneas</b>	La Cocha – El Calvario	43,3	20,9	51,7
	El Calvario – Illuchi 1	5,2	2,1	59,6
	El Calvario – Illuchi 2	3,4	1,6	52,9
<b>Transformadores</b>	El Calvario	5,0	1,9	62,0
	Illuchi 1 (x 3)	5,2	2,1	59,6
	Illuchi 2	3,4	1,6	52,9
<b>Generadores</b>	Illuchi 1_G2	5,1	2,0	60,8
	Illuchi 1_G4	5,6	2,2	60,7
	Illuchi 2	3,4	1,6	52,9
<b>Carga</b>	La Cocha	0,9	0,4	55,6

*Tabla 5.4 Valores de THD de voltaje con y sin filtros en el caso NOVACERO – CEDAL*

Nombre de Barra	Nivel de Voltaje [kV]	Voltaje SIN Filtro [%]	Voltaje CON Filtro [%]	Variación [%]
<b>La Cocha</b>	13,8	2,5	1,4	44,0
<b>El Calvario</b>	13,8	4,3	2,1	51,2
<b>El Calvario</b>	22	3,7	1,9	48,6
<b>Illuchi 1</b>	22	3,2	1,7	46,9
<b>Illuchi 1</b>	2,4	2,9	1,6	44,8
<b>Illuchi 2</b>	13,8	3,0	1,5	50,0
<b>Illuchi 2</b>	2,4	2,1	1,0	52,4

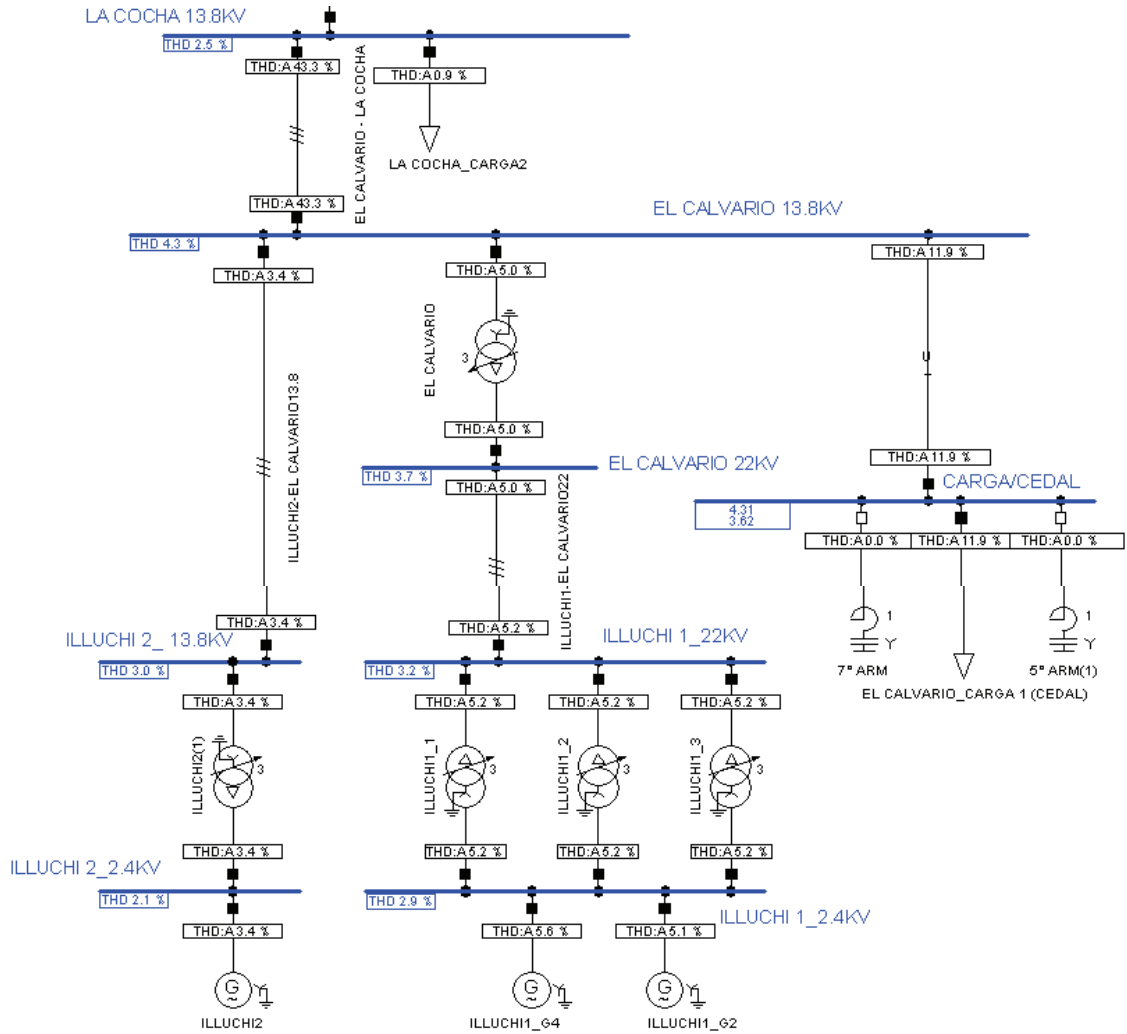


Figura 5.16 Flujo de potencia armónico en el caso NOVACERO-CEDAL sin filtrado de armónicos

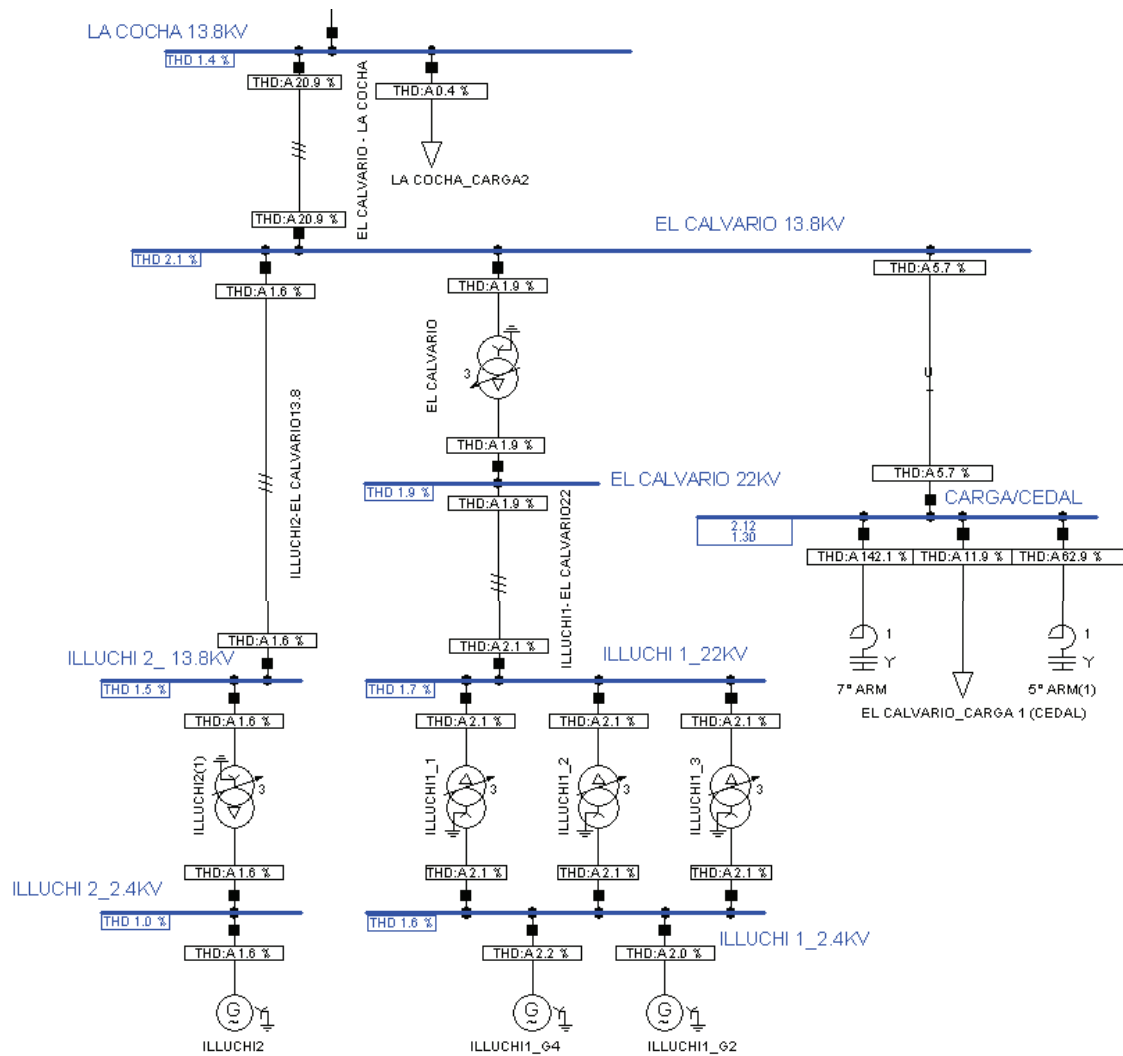


Figura 5.17 Flujo de potencia armónica en el caso NOCACERO-CEDAL con filtrado de armónicos



## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

El análisis de un sistema de potencia con presencia de cargas no lineales necesita de conocimientos amplios acerca de causas y efectos que producen distorsión armónica y de equipos de medición (analizadores de redes industriales) que permiten determinar sus verdaderas fuentes.

La recolección de datos permite una descripción más detallada del sistema, la misma que debe incluir los parámetros eléctricos de cada uno de los componentes de la red, a fin de tener una apreciación clara del sistema en estudio.

El uso de un analizador de redes industrial para efectuar mediciones de acuerdo a normativas internacionales permite una correcta obtención de datos.

La programación del analizador de redes con tiempos preestablecidos, para el inicio y fin del registro de mediciones dentro de cada una de las subestaciones de generación Illuchi1 e Illuchi 2, forma parte de un monitoreo automático que cuenta con una serie de características para la recopilación de datos.

Las mediciones se realizan con el objetivo de tener un registro adecuado de datos que ayudan a constatar de la existencia de fluctuaciones de corriente en los generadores de las centrales hidroeléctricas Illuchi 1 e Illuchi 2.

El análisis de las mediciones se rige a normas que permiten definir el nivel de afectación por contaminación armónica de los diversos elementos que conforman el sistema de potencia de ELEPCO S.A, en especial las unidades de generación eléctrica de las centrales Illuchi 1 e Illuchi 2.

Se puede analizar que las fluctuaciones de corriente están afectando la vida útil y a la vez por estrategia de operación, se ha reducido el nivel de potencia de salida de cada unidad con la consecuente pérdida económica.

La versatilidad del paquete computacional Power Factory de DlgSILENT hace que la simulación sirva de respaldo a las mediciones de campo y ayude a establecer la presencia de contenido armónico de ciertas zonas de un SEP.

Con la ayuda de la simulación se determina que la presencia del Horno de Arco de NOVACERO no es causante de la distorsión armónica de corriente existente en las centrales de generación Illuchi 1 e Illuchi 2, ya que el sistema de filtrado que posee la planta industrial logra mantener un adecuado control del espectro resultante causado por las cargas no lineales del proceso de producción de acero.

La sospecha de que la fuente de armónicos se encuentra dentro del mismo sistema de ELEPCO S.A., conlleva a realizar un análisis por medio de la modelación, de todas las cargas que sean las posibles fuentes de distorsión armónica. Se puede establecer con una alta probabilidad que la planta productora de materiales con base en aluminio CEDAL S.A. conectada a la Barra de 13.8 kV en la Subestación de Distribución El Calvario produce un alto contenido de armónicos en sus procesos de producción.

A pesar de tener todos los parámetros necesarios para modelar la red y de haber realizado mediciones de campo se necesita mediciones adicionales para focalizar las cargas causantes de distorsión armónica.

El espectro armónico de corriente resultante de la medición en la subestación El Calvario se ingresa en la simulación y arroja resultados que concuerdan con los registros de %THD de corriente y voltaje presentes en Illuchi 1 e Illuchi 2.

Los filtros utilizados en este proyecto son de características simples y de muy baja impedancia a frecuencia resonante, con lo que el filtrado resulta efectivo, pero en cambio tiene un problema con la alta posibilidad de resonancia en paralelo con la red a frecuencias por debajo de las sintonizadas.

## 6.2 RECOMENDACIONES

Con el propósito de mitigar los efectos de distorsión armónica encontrados en la Central Hidroeléctrica Illuchi 1 se recomienda un estricto control por parte de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi a la Planta Industrial de Perfilería de Aluminio CEDAL S.A, que en base al análisis realizado dentro de este tiene altas probabilidades de ser la causante de los problemas de fluctuaciones de corriente encontrados.

El uso de filtros pasivos es muy común, pero se recomienda usar filtros activos que cuentan con tecnologías avanzadas con electrónica de potencia para ayudar en el control de problemas de armónicos provenientes de nuevas cargas no lineales.

En muchas instalaciones eléctricas los armónicos pueden tener efectos nocivos y afectar la calidad del funcionamiento de generación y distribución, por ello se debe mitigar los efectos armónicos con la aplicación de métodos adecuados como el filtrado de armónicos.

El problema de armónicos en la red es responsabilidad de usuarios y proveedores, porque los primeros deben tratar de introducir el menor porcentaje posible de distorsión armónica y los segundos tienen que asegurar un suministro limpio de armónicos.

La implementación de filtros debe realizarse lo más cerca a la fuente de armónicos, por ello se recomienda que la Planta Industrial CEDAL S.A. sea la responsable de realizar un control adecuado de la distorsión armónica que introduce al sistema de ELEPCO S.A.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IEEE - Power System Engineering Committee, *Transactions on Power Apparatus and System.*, 1992.
- [2] ELEPCO S.A. (2012) SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA ELEPCO S.A.
- [Online]. [http://201.218.44.141/ElapcoWebSDE\\_publicar/](http://201.218.44.141/ElapcoWebSDE_publicar/)
- [3] Carlos Barrera, Parámetros Líneas Subtransmisión ELEPCO S.A., 2013.
- [4] Williams Olalla, Parámetros Transformadores de dos devanados ELEPCO S.A., 2013.
- [5] Fabián Calero, *Estudio Técnico-Económico de la Implementación del Centro de Control de las Centrales Hidroeléctricas Illuchi 1 e Illuchi 2 de Elepco S.A.* Quito: EPN, 2007.
- [6] Miguel Lucio, Parámetros Eléctricos ELEPCO S.A, 2012.
- [7] Diego Jaramillo and Franklyn Medina, *Diseño e Implementación del Sistema de Instrumentación y Monitoreo para los Tableros de Control y Generadores de la Central Illuchi 1 de la Empresa Eléctrica provincial de Cotopaxi ELEPCO S.A.* Latacunga, 2007.

[8] Revista Asea Brown Boveri - ABB. (2008) ABB.

[Online]. [http://www.transformadores.com.co/pdf/ABB/01-2008/81-86-1M821\\_SPA72dpi.pdf](http://www.transformadores.com.co/pdf/ABB/01-2008/81-86-1M821_SPA72dpi.pdf)

[9] NOVACERO. (2013) Soluciones de Acero.

[Online]. <http://www.novacero.com/client/company.php?topm=1>

[10] Raúl Villafuerte, *Modelación, Simulación y Determinación de Índice de Distorsión Armónica y Efecto Flicker, en el Sistema Nacional de Transmisión, Causados por la Conexión de Hornos de Arco, Aplicado al caso de Novacero S.A.* Quito: EPN, 2008.

[11] Galo Espinel, *Elaboración de la Documentación del Sistema de Gestión Ambiental Basado en la Norma UNE en ISO14001:2004 de la Empresa Novacero S.A. Planta Lasso.* Ambato: UTA, 2009.

[12] Telman Pullopaxi, *Optimización de los Métodos y Tiempos de Trabajo en los Procesos de Laminación del Tren 2 de la Empresa Novacero S.A.* Riobamba: ESPOCH, 2009.

[13] Roberto Fiallos, *Análisis de la Calidad el Producto en el Punto de Conexión de la Planta Industrial Novacero S.A. al Sistema Nacional de Transmisión (Subestación Mulaló 138 Kv).* Quito: EPN, 2012.

[14] Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A. (2012) CEDAL, Aluminio.  
[Online]. <http://www.cedal.com.ec>

- [15] Daisy Pérez y Johanna Salazar, *Diseño de un MRP (Planificación de Requerimientos de Materiales), para la empresa CEDAL S.A. en el Área de Producción*. Quito: EPN, 2007.
- [16] Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A. (2011) Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A. CEDAL- Video Institucional.
- [Online]. <http://www.youtube.com/watch?v=eetW5sDAmXA>
- [17] Byron Corrales y Andrés León, *Diseño e Implementación del Sistema HMI para la Medición del Consumo de Energía Eléctrica y Combustibles en las Maquinarias de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A.* Latacunga: ESPE, 2008.
- [18] Benavent, Abellán, y Figueres, *ELECTRÓNICA DE POTENCIA: Teoría y Aplicaciones*. España: Universidad Politécnica de Valencia, 1999.
- [19] Omar Cruz, *Diseño e Implementación de una Red Industrial Ethernet para el Monitoreo de los Parámetros Eléctricos de las Subestaciones La Cocha y El Calvario de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A.* Latacunga, 2012.
- [20] Schneider Electric S.A., *Guía de Diseño de Instalaciones Eléctricas - Capítulo M*. España, 2008.
- [21] Gabriel Salazar, *Perturbaciones en Redes Eléctricas*. Quito, 2010.
- [22] Eugenio Télez, *Distorsión Armónica*. México: AUTOMATIZACION, PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD S.A. de C.V., 2010.

- [23] IEEE - Power System Engineering Committee, *Recommended Practices and Requirements for Harmonics Control in Electric Power System Analysis.*, 1992.
- [24] ABB, *Guía Técnica No. 6: Guía de los Armónicos con accionamientos de CA.*, 2008.
- [25] Gilberto Reyes, *Armónicas en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica.* México, 1996.
- [26] Tecsis. (2012) Instrumentación y servicios.  
  
[Online].  
[http://www.tecsis.cl/index.php?page=shop.product\\_details&flypage=flypage\\_new.tpl&product\\_id=24&category\\_id=34&option=com\\_virtuemart&Itemid=42](http://www.tecsis.cl/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage_new.tpl&product_id=24&category_id=34&option=com_virtuemart&Itemid=42)
- [27] Gossen , Metrawatt, *MAVOWATT 70. Manual de Operación Power Xplorer.* Barcelona, España.
- [28] The Lakeland Companies. (2011)  
  
[Online]. <http://www.testtoolstore.com/dranetzpx5.html>
- [29] DIgSILENT GmbH. (2012) Power Factory: Guía Básica de Uso.  
  
[Online]. <http://www.digsilent.de>
- [30] César Fernández, *Servicio Transporte de Energía. Capacitación en Manejo de DIgSILENT Power Factory.* Quito, 2002.

[31] DlgSILENT GmbH, POWER FACTORY 13.2, Help, 2012.

[32] Mario Gonzalez, Datos Sistema Nacional Interconectado, 2013.

[33] Gabriel Salazar, *Mitigación de Perturbaciones*. Quito, 2010.

[34] IEEE Power Engineering Society, *Std 1531. Guide for Application and Specification of Harmonic Filters.*, 2003.

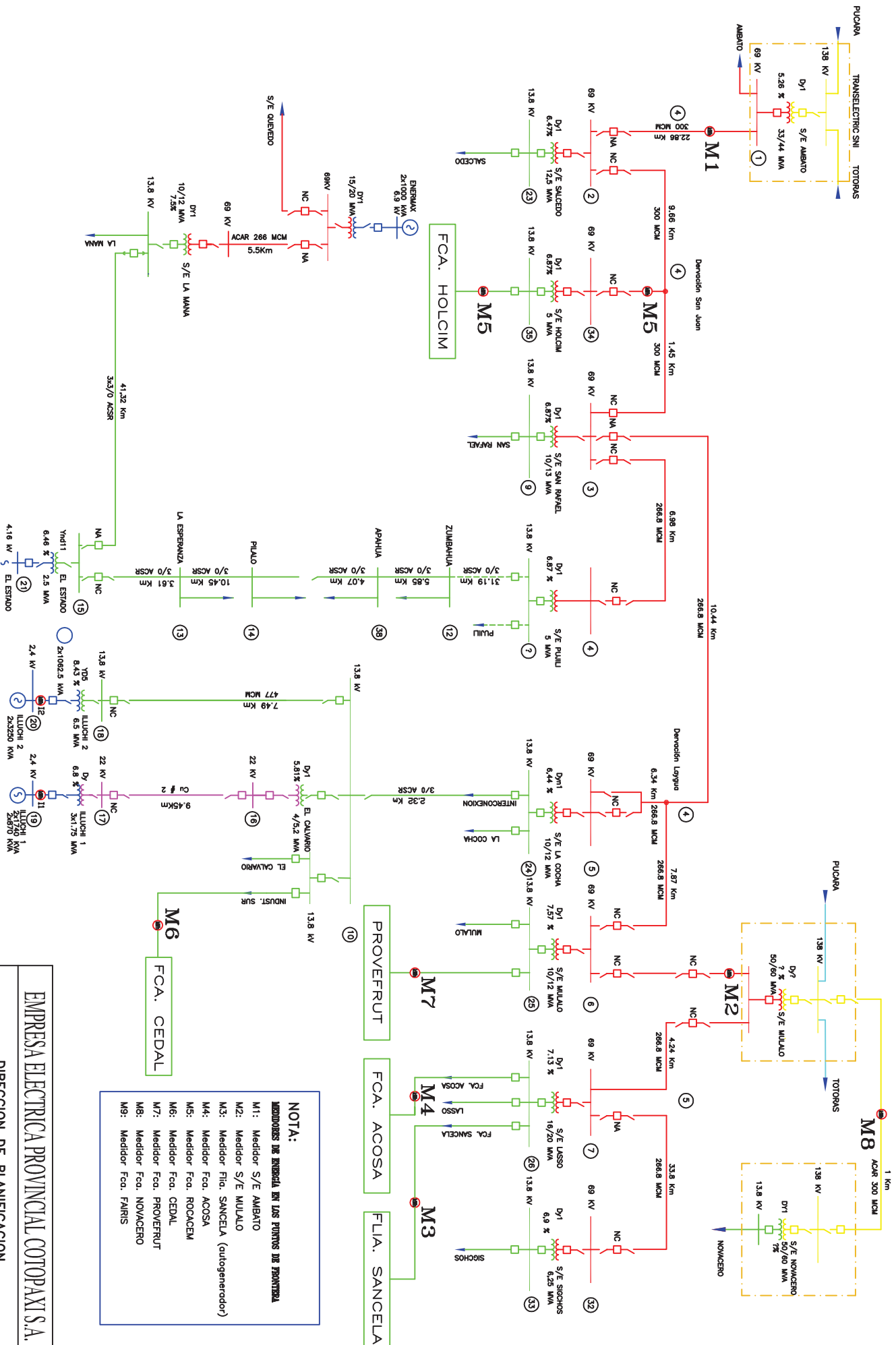
[Online]. <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=01249837>

[35] Hector Alvarado y Juan Ramírez, *Metodología para el Análisis de Propagación y Filtrado de Armónicos en Sistemas de Potencia Eléctricos*. México, 2010.



## **ANEXO A**

**Diagrama Unifilar 2013 de ELEPCO S.A. [4]**



**NOTA:**  
**MEDIDORES DE ENERGIA EN LOS PUNTOS DE FRONTERA**  
 M1: Medidor S/E AMBATO  
 M2: Medidor S/E MULLALO  
 M3: Medidor Flia. SANCELTA (autogenerador)  
 M4: Medidor Foa. ACOSA  
 M5: Medidor Foa. ROCACEM  
 M6: Medidor Foa. CEDAL  
 M7: Medidor Foa. PROVERFRUT  
 M8: Medidor Foa. NOVACERO  
 M9: Medidor Foa. FAIRIS

EMPRESA ELECTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A.  
 DIRECCION DE PLANIFICACION  
 SIST. SUBTRANSMISION  
 DIAGRAMA UNIFILAR 2013

REVISADO POR: V. DELALLA  
 REVISADO POR: ING. R. VASQUEZ  
 ENEPO S.A.  
 PLANO 1 DE 1

## **ANEXO B**

### **Mediciones de Voltajes y Corrientes Armónicas**

# PRIMERA MEDICIÓN

28 de diciembre de 2012

## REGISTRO DE ARMÓNICOS DE VOLTAJE MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 1

ARMÓNICOS DE VOLTAJE POR FASE										
ORDEN		3°	3°	3°	5°	5°	5°	7°	7°	7°
FASE		A	B	C	A	B	C	A	B	C
N°	HORA	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)
1	11:12 AM	7,277	5,85	8,754	20,019	21,378	20,285	10,806	11,844	10,944
2	11:14 AM	7,597	6,116	8,927	18,282	19,712	18,552	10,377	10,786	10,154
3	11:16 AM	8,869	6,334	8,862	16,63	17,853	16,761	9,114	9,77	8,966
4	11:18 AM	9,054	6,315	8,975	18,057	19,676	17,7	10,654	10,737	10,159
5	11:20 AM	9,133	6,077	8,927	18,516	19,688	18,068	10,908	11,04	10,304
6	11:22 AM	9,472	6,116	8,51	18,972	20,042	19,08	10,877	11,368	10,304
7	11:24 AM	9,415	6,116	8,813	18,972	19,917	19,172	10,716	11,125	9,846
8	11:26 AM	8,762	6,223	8,94	17,596	18,485	17,604	8,686	9,632	8,766
9	11:28 AM	9,245	6,574	8,94	16,572	17,812	16,658	7,8	8,831	7,916
10	11:30 AM	9,541	6,562	8,975	16,271	17,733	16,212	7,111	8,685	7,31
11	11:32 AM	9,811	6,334	8,373	16,904	17,853	16,838	7,752	9,095	7,767
12	11:34 AM	9,455	6,116	9,025	16,558	17,746	16,511	7,64	8,831	7,689
13	11:36 AM	8,932	6,077	8,698	15,66	16,804	15,685	5,874	7,502	6,939
14	11:38 AM	9,666	6,334	8,492	16,418	17,124	16,314	5,874	7,93	6,825

## REGISTRO DE ARMÓNICOS DE CORRIENTE MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 1

ARMÓNICOS DE CORRIENTE POR FASE										
ORDEN		3°	3°	3°	5°	5°	5°	7°	7°	7°
FASE		A	B	C	A	B	C	A	B	C
N°	HORA	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
1	11:12 AM	1,8643	2,5661	1,5448	8,727	8,735	8,117	4,323	4,38	4,55
2	11:14 AM	2,7184	2,3633	1,7586	7,9	7,865	7,321	4,338	4,434	4,6
3	11:16 AM	3,339	3,045	1,9186	7,096	7,058	6,515	3,985	4,123	4,226
4	11:18 AM	3,521	3,227	1,8016	7,615	7,882	7,021	4,648	4,656	4,666
5	11:20 AM	3,3	2,9373	1,9989	7,919	7,978	7,258	5,036	5,011	4,813
6	11:22 AM	3,53	3,0092	1,9292	8,31	8,149	7,54	4,997	5,05	4,864
7	11:24 AM	3,197	3,1153	1,6352	8,291	8,149	7,398	4,786	4,746	4,551
8	11:26 AM	3,0391	2,7038	1,884	7,638	7,464	6,791	3,726	3,944	3,966
9	11:28 AM	3,291	3,468	2,3049	7,464	7,258	6,681	3,674	3,904	3,954
10	11:30 AM	3,64	3,244	2,0315	7,15	7,236	6,327	3,77	4,025	3,939
11	11:32 AM	3,796	3,608	1,7764	7,507	7,425	6,58	3,935	4,361	4,258
12	11:34 AM	3,215	3,216	1,6887	7,276	7,405	6,385	3,982	4,31	4,181
13	11:36 AM	4,033	3,385	1,9235	6,697	6,621	5,777	3,725	4,091	3,832
14	11:38 AM	4,174	4,146	1,9351	7,261	7,109	6,23	3,879	4,142	3,933

## REGISTRO DE ARMÓNICOS DE VOLTAJE MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 2

ARMÓNICOS DE VOLTAJE POR FASE										
ORDEN		3°	3°	3°	5°	5°	5°	7°	7°	7°
FASE		A	B	C	A	B	C	A	B	C
N°	HORA	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)
1	3:10 PM	4,53	2,5062	2,1363	5,589	6,057	7,306	7,059	6,39	6,666
2	3:20 PM	4,558	3,482	2,7711	7,303	6,39	7,618	6,259	9,559	8,545
3	3:30 PM	4,658	2,8579	2,272	8,842	6,921	6,399	6,216	10,994	9,066
4	3:40 PM	4,789	2,6344	2,272	9,061	7,307	6,104	6,877	11,011	9,066
5	3:50 PM	5,292	3,562	3,271	8,842	6,964	7,808	9,584	11,011	8,589
6	4:00 PM	10,808	4,268	6,104	7,774	6,38	9,095	11,462	11,493	7,88
7	4:10 PM	9,716	7,275	8,168	8,572	10,497	12,369	10,966	11,611	7,973
8	4:20 PM	10,826	6,507	10,234	11,143	13,134	14,206	10,188	9,364	8,252
9	4:30 PM	5,339	4,08	2,9258	10,826	12,761	14,369	11,086	10,663	8,914
10	4:40 PM	4,53	3,915	2,413	8,332	7,403	7,838	12,356	11,611	8,678
11	4:50 PM	4,53	4,312	2,4836	9,241	8,239	8,36	12,123	11,692	8,406
12	5:00 PM	6,27	4,327	2,7022	6,754	6,057	6,846	9,493	7,774	7,105
13	5:10 PM	4,286	4,268	2,7022	12,294	10,473	8,971	10,597	11,415	9,447
14	5:20 PM	4,286	4,662	2,9258	11,312	8,861	8,099	10,199	11,415	9,402
15	5:30 PM	4,035	4,608	2,7022	8,842	7,197	6,971	9,584	11,265	7,759
16	5:40 PM	4,286	3,915	2,583	13,035	11,348	9,814	15,548	20,997	14,757
17	5:50 PM	5,445	6,725	4,217	13,531	12,057	10,549	15,65	21,526	15,404
18	6:00 PM	5,445	5,726	4,316	11,622	9,964	10,814	11,177	14,954	10,855
19	6:10 PM	4,46	4,924	3,495	8,985	10,088	11,12	7,041	12,243	9,652
20	6:20 PM	4,301	3,834	2,413	8,633	9,642	11,022	6,39	7,477	7,585
21	6:30 PM	4,155	4,041	2,2439	6,417	7,177	8,763	4,166	6,026	7,749
22	6:40 PM	3,665	5,212	2,2439	10,347	8,624	7,659	4,922	9,982	9,088
23	6:50 PM	3,85	5,212	2,8606	11,337	9,42	7,184	7,208	13,134	10,042
24	7:00 PM	3,952	5,212	2,8606	10,965	9,113	7,543	7,208	13,125	10,314
25	7:10 PM	3,704	5,39	3,371	9,89	8,006	6,889	6,847	11,889	10,042
26	7:20 PM	3,358	5,514	3,213	10,032	8,16	6,277	6,95	11,915	9,997
27	7:30 PM	3,4	6,593	3,271	8,609	6,536	6,506	6,623	11,416	9,743
28	7:40 PM	3,665	6,49	3,271	8,886	6,681	6,125	5,292	8,147	7,537
29	7:50 PM	3,665	6,098	3,657	8,984	6,681	8,698	5,292	8,055	7,62
30	8:00 PM	3,456	6,098	3,495	5,099	7,965	10,507	5,292	5,707	5,218
31	8:10 PM	3,282	6,015	3,271	9,578	7,651	9,64	5,445	8,64	8,23
32	8:20 PM	3,358	5,77	3,271	9,578	7,651	7,459	6,821	11,102	8,87
33	8:30 PM	3,358	6,036	2,9258	9,458	7,523	5,542	6,821	11,16	9,158
34	8:40 PM	3,209	5,923	2,9736	9,25	6,49	4,331	6,623	11,215	9,066
35	8:50 PM	3,358	5,652	3,0982	7,433	6,203	7,585	5,72	9,243	7,782
36	9:00 PM	3,56	5,652	2,9736	8,617	6,964	8,005	8,195	11,542	9,554
37	9:10 PM	3,665	6,263	3,271	8,706	7,307	5,776	8,491	11,886	9,839
38	9:20 PM	3,665	6,341	3,366	9,316	7,651	5,61	7,271	10,994	9,616
39	9:30 PM	3,56	6,2	3,271	8,842	7,118	5,369	8,041	11,41	9,369
40	9:40 PM	3,524	6,098	3,213	8,455	6,772	5,348	6,313	9,806	7,299
41	9:50 PM	3,56	6,057	3,366	10,081	8,352	6,032	6,784	9,982	7,643
42	10:00 PM	3,419	6,057	3,271	9,446	8,183	7,105	6,977	9,611	7,537
43	10:10 PM	4,403	7,401	3,967	8,572	7,651	8,886	5,967	8,974	7,16
44	10:20 PM	8,791	9,324	6,998	4,345	6,662	9,252	5,751	4,441	4,626
45	10:30 PM	12,735	11,938	10,042	6,688	6,756	7,643	4,23	6,311	5,416
46	10:40 PM	3,63	6,39	3,838	6,874	6,964	7,315	4,166	6,688	6,042
47	10:50 PM	3,577	6,517	3,653	4,984	5,77	8,698	4,059	5,652	4,626
48	11:00 PM	12,067	9,304	7,043	7,433	6,818	8,698	4,286	5,716	5,61
49	11:10 PM	7,727	8,343	6,542	9,722	9,304	8,36	6,051	10,994	8,314
50	11:20 PM	5,795	8,624	6,109	10,049	9,544	8,633	6,093	11,171	8,091
51	11:30 PM	6,544	7,471	11,541	10,849	8,36	8,877	5,871	11,431	8,891
52	11:40 PM	6,544	8,2	6,514	10,757	8,267	8,808	8,256	13,534	10,999
53	11:50 PM	11,263	12,939	7,184	9,564	8,275	11,114	8,927	14,035	11,113
54	12:00 AM	5,56	9,733	9,252	7,881	8,509	11,453	9,124	12,928	10,344
55	12:10 AM	6,978	14,926	13,2	8,125	6,882	10,321	6,447	10,78	9,088
56	12:20 AM	7,727	8,974	6,9	10,032	8,155	10,773	9,419	13,272	10,93
57	12:30 AM	7,065	7,443	4,446	9,599	8,861	11,135	10,862	14,64	11,9
58	12:40 AM	5,134	7,089	3,987	7,977	8,624	11,27	10,469	14,992	11,997
59	12:50 AM	5,884	8,494	4,446	8,491	9,101	12,136	12,176	16,417	13,801
60	1:00 AM	6,478	9,733	5,508	9,07	9,42	12,599	12,356	16,672	13,856
61	1:10 AM	6,062	11,883	5,873	8,04	6,982	10,435	12,176	16,493	12,921
62	1:20 AM	4,155	5,941	3,548	9,261	9,418	12,719	9,332	13,893	11,376
63	1:30 AM	4,059	5,422	3,821	10,679	10,334	12,585	8,757	13,618	11,187
64	1:40 AM	7,048	9,887	7,485	10,798	9,996	10,751	8,461	13,305	11,016

65	1:50 AM	7,642	13,348	7,973	12,433	11,734	13,056	7,338	9,812	8,957
66	2:00 AM	6,607	7,997	6,889	11,425	11,348	12,554	8,609	10,728	8,976
67	2:10 AM	7,338	10,285	6,628	9,52	11,939	13,204	8,661	11,811	9,783
68	2:20 AM	6,923	10,657	6,475	10,032	12,452	13,884	8,573	12,052	9,941
69	2:30 AM	6,32	5,013	5,274	11,676	11,102	15,36	8,455	12,048	10,65
70	2:40 AM	6,563	6,734	4,826	12,58	13,322	15,587	8,609	12,341	10,738
71	2:50 AM	6,544	7,098	11,639	12,741	14,249	15,258	9,584	13,764	12,439
72	3:00 AM	4,945	4,769	8,7	9,892	10,821	11,551	9,291	14,058	12,574
73	3:10 AM	5,1	6,39	4,153	9,042	9,216	11,103	9,112	13,968	12,719
74	3:20 AM	4,33	6,067	3,809	9,139	9,195	11,359	11,797	18,298	14,757
75	3:30 AM	4,406	2,5803	3,052	10,03	12,084	14,466	12,186	19,181	15,24
76	3:40 AM	4,155	4,462	3,495	15,022	15,189	18,935	8,55	13,508	11,464
77	3:50 AM	6,39	9,222	6,196	14,669	15,038	18,422	6,124	9,44	8,898
78	4:00 AM	6,367	9,222	6,687	11,66	13,469	14,957	8,017	12,041	10,24
79	4:10 AM	10,378	6,536	3,726	11,789	13,293	15,095	10,579	16,181	13,412
80	4:20 AM	12,419	8,397	6,889	10,081	8,925	10,477	11,59	16,91	14,303
81	4:30 AM	15,76	9,675	11,001	10,994	10,521	9,463	11,768	17,017	14,447
82	4:40 AM	5,895	7,926	5,61	11,463	11,13	12,301	10,124	14,901	12,255
83	4:50 AM	6,27	12,498	7,749	9,25	11,192	12,301	9,828	14,072	12,159
84	5:00 AM	8,117	10,663	7,782	9,256	10,634	11,541	10,989	15,828	11,842
85	5:10 AM	7,433	12,134	6,732	8,204	11,953	11,816	11,143	15,389	11,73
86	5:20 AM	6,307	7,124	6,409	8,189	8,33	9,884	8,858	13,424	11,438
87	5:30 AM	5,255	7,806	5,948	9,89	9,277	10,791	9,262	14,321	11,981
88	5:40 AM	5,892	8,536	7,409	10,249	12,508	14,086	10,708	12,652	10,751
89	5:50 AM	6,075	7,806	5,819	10,249	12,999	13,878	10,541	12,304	9,467
90	6:00 AM	5,628	5,514	4,287	9,962	11,265	13,778	6,754	10,075	8,763
91	6:10 AM	5,292	5,503	4,316	7,655	8,769	10,93	7,208	9,804	8,605
92	6:20 AM	6,875	6,737	6,695	9,793	10,431	12,377	8,842	10,081	8,584
93	6:30 AM	6,847	7,452	6,032	12,957	14,706	15,551	9,474	10,352	8,306
94	6:40 AM	5,739	6,737	5,508	12,957	14,532	15,551	5,483	9,511	8,091
95	6:50 AM	6,229	6,468	4,894	9,975	12,422	11,816	9,924	15,304	11,795
96	7:00 AM	6,417	6,281	4,734	10,378	11,21	12,993	9,973	15,584	12,856
97	7:10 AM	5,282	5,539	4,045	10,773	11,326	12,993	9,722	15,821	12,926
98	7:20 AM	5,751	5,013	3,495	8,813	9,544	10,727	9,617	15,442	12,22
99	7:30 AM	5,967	4,798	3,821	8,899	10,032	11,141	5,413	8,719	7,402

## REGISTRO DE ARMÓNICOS DE CORRIENTE MEDIDOS EN LA CENTRAL

### ILLUCHI 2

ARMÓNICOS DE CORRIENTE POR FASE										
ORDEN		3°	3°	3°	5°	5°	5°	7°	7°	7°
N°	HORA	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	3:10 PM	4,918	3,531	4,124	2,5047	2,7777	2,9823	3,406	2,8266	3,35
2	3:20 PM	5,115	3,338	4,488	3,0889	3,337	3,414	3,994	3,48	4,118
3	3:30 PM	5,12	3,732	4,291	3,209	3,576	3,648	4,215	3,745	4,644
4	3:40 PM	5	4,061	4,222	3,366	3,359	3,766	4,287	3,809	4,825
5	3:50 PM	5,482	4,161	4,441	3,163	3,232	3,696	4,159	3,669	4,761
6	4:00 PM	5,568	6,812	4,504	3,0506	3,167	3,72	4,778	4,191	5,597
7	4:10 PM	5,339	6,613	4,54	3,219	3,616	3,532	4,906	4,143	5,732
8	4:20 PM	7,542	7,596	4,226	4,099	4,749	4,395	3,75	3,146	4,069
9	4:30 PM	5,622	3,366	4,171	4,018	4,605	4,228	5,091	4,329	5,381
10	4:40 PM	5,336	3,982	4,284	3,796	3,1187	3,41	5,133	4,37	5,634
11	4:50 PM	5,39	3,704	4,236	3,628	3,333	3,745	4,934	4,329	5,574
12	5:00 PM	5,741	3,652	4,477	3,111	3,333	3,849	3,738	3,1596	3,558
13	5:10 PM	5,772	3,66	4,387	3,536	2,9917	3,849	4,795	4,339	5,261
14	5:20 PM	5,503	3,574	4,495	3,67	3,355	3,829	4,793	4,171	4,972
15	5:30 PM	5,736	3,574	4,668	3,94	3,665	4,163	4,493	4,109	4,915
16	5:40 PM	5,473	3,557	4,236	4,414	3,724	4,813	6,146	5,491	7,194
17	5:50 PM	6,65	7,602	5,754	4,239	4,353	4,688	6,247	5,524	7,254
18	6:00 PM	8,98	7,372	8,193	4,361	5,185	5,565	5,119	4,598	5,862
19	6:10 PM	7,65	4,759	6,141	4,223	5,122	5,495	4,152	3,818	4,594
20	6:20 PM	6,176	4,133	4,981	4,01	4,863	4,843	3,56	2,8266	3,334
21	6:30 PM	6,092	3,817	5,107	2,7734	3,234	3,57	3,508	2,7691	3,334
22	6:40 PM	6,587	4,209	5,238	3,854	3,164	3,793	3,863	3,251	3,978
23	6:50 PM	6,526	3,948	5,369	3,891	3,274	4,218	3,906	3,603	4,577
24	7:00 PM	6,723	4,585	5,849	4,11	3,274	4,13	3,816	3,603	4,525
25	7:10 PM	6,757	4,847	6,039	3,378	3,018	3,808	3,776	3,427	4,29
26	7:20 PM	6,971	4,629	5,849	3,386	3,274	4,074	3,684	3,338	3,923

27	7:30 PM	7,117	4,483	5,909	3,219	2,716	3,634	3,34	3,234	3,846
28	7:40 PM	6,787	4,37	5,499	3,623	2,5016	3,643	3,1008	3,0819	3,519
29	7:50 PM	6,888	4,231	5,549	3,609	2,4145	3,643	3,0555	2,9664	3,193
30	8:00 PM	7,104	4,452	6,039	2,2904	2,7692	2,8301	2,5781	2,4145	2,5122
31	8:10 PM	7,094	4,714	6,067	3,887	2,6513	3,662	3,849	3,427	3,864
32	8:20 PM	7,156	4,983	6,039	3,887	2,6513	3,541	3,812	3,545	4,136
33	8:30 PM	7,575	4,759	6,544	3,743	2,6963	3,671	3,768	3,407	4,136
34	8:40 PM	7,441	4,694	6,544	3,468	2,6995	3,643	3,1027	2,9279	3,1496
35	8:50 PM	7,34	4,519	6,312	3,337	2,4356	3,277	2,9413	2,7042	3,042
36	9:00 PM	7,511	4,736	6,414	3,286	2,3314	3,423	3,67	3,427	3,862
37	9:10 PM	7,266	4,585	6,067	3,426	2,8926	3,643	3,981	3,66	4,335
38	9:20 PM	7,094	4,435	5,773	3,492	2,9607	3,827	4,121	4,034	4,531
39	9:30 PM	6,93	4,192	5,642	3,401	3,197	3,764	4,159	4,141	4,688
40	9:40 PM	6,957	3,806	5,625	3,389	3,234	3,873	4,058	3,806	4,173
41	9:50 PM	6,573	3,802	5,369	3,667	3,415	4,037	3,946	3,869	4,426
42	10:00 PM	6,862	4,215	5,633	3,688	3,221	3,902	3,946	3,903	4,426
43	10:10 PM	9,54	5,856	9,351	3,901	3,0679	4,003	3,811	3,631	3,993
44	10:20 PM	11,144	7,628	10,473	2,9903	3,1295	3,978	3,1466	2,9916	3,1258
45	10:30 PM	12,175	7,702	10,887	3,816	3,562	4,869	3,148	3,0096	3,172
46	10:40 PM	6,957	4,65	5,367	4,221	3,638	4,923	3,0281	3,1021	3,194
47	10:50 PM	7,647	4,574	5,495	3,0442	3,253	3,934	3,0785	2,9345	3,1088
48	11:00 PM	10,263	7,627	9,246	3,49	3,311	4,738	3,283	3,0144	3,423
49	11:10 PM	10,244	7,954	10,005	3,373	2,6513	3,862	3,661	3,164	4,105
50	11:20 PM	9,536	6,542	8,058	3,1028	2,9315	3,482	3,778	3,189	4,24
51	11:30 PM	7,257	6,044	5,899	3,283	3,551	3,395	3,1027	2,9169	3,522
52	11:40 PM	7,92	5,632	5,91	3,275	3,606	3,774	3,174	2,9426	3,44
53	11:50 PM	10,876	6,894	9,684	3,73	4,361	5,222	3,122	2,8784	3,515
54	12:00 AM	11,174	7,621	9,453	3,931	4,263	4,476	2,9061	2,4444	3,172
55	12:10 AM	13,086	7,911	12,002	2,8443	3,75	3,745	3,0555	2,6514	3,277
56	12:20 AM	11,155	8,096	10,578	3,544	3,991	4,334	3,1111	2,5825	3,1313
57	12:30 AM	8,781	5,831	6,783	3,746	4,367	4,473	2,7117	2,582	3,0193
58	12:40 AM	8,478	5,449	6,278	3,1028	4,402	4,515	2,9186	2,5153	3,0193
59	12:50 AM	9,771	6,835	9,183	3,693	4,779	4,454	3,0166	2,7793	3,362
60	1:00 AM	10,67	7,413	10,025	3,816	4,59	4,624	2,9875	2,8509	3,433
61	1:10 AM	10,183	7,563	9,643	3,746	4,263	4,365	2,6469	2,6139	3,0503
62	1:20 AM	6,022	3,61	4,579	3,777	4,754	4,726	2,7494	2,6065	3,193
63	1:30 AM	5,826	3,494	4,846	4,066	4,994	4,761	2,7611	2,6874	3,0193
64	1:40 AM	10,995	8,328	11,181	4,324	5,383	5,036	2,7525	2,7318	3,1177
65	1:50 AM	11,094	8,203	10,097	4,692	6,204	5,335	2,6381	2,4356	2,988
66	2:00 AM	10,044	7,845	8,043	4,527	5,752	5,235	2,5731	2,4038	2,4986
67	2:10 AM	9,753	7,835	8,569	4,39	5,135	5,272	2,6982	2,5188	2,9282
68	2:20 AM	9,98	8,167	9,697	3,981	5,296	5,453	3,0281	2,734	3,283
69	2:30 AM	7,308	6,32	7,464	4,261	5,368	4,449	3,0555	2,734	3,468
70	2:40 AM	7,369	6,157	7,587	4,76	5,685	5,477	3,0527	2,5726	2,9245
71	2:50 AM	6,957	6,472	6,702	4,712	5,783	5,407	2,7804	2,622	2,8391
72	3:00 AM	6,117	6,61	5,282	4,574	5,188	5,127	2,9186	2,6514	3,1415
73	3:10 AM	7,081	4,795	5,042	2,8705	3,596	3,463	3,914	3,274	4,105
74	3:20 AM	7,257	4,538	5,402	2,761	3,638	3,475	3,67	3,269	4,222
75	3:30 AM	3,1027	2,8785	2,2661	4,764	5,156	4,617	3,743	3,1125	3,978
76	3:40 AM	5,499	3,276	4,318	4,772	6,319	5,844	2,9245	2,4844	3,0193
77	3:50 AM	10,159	8,023	9,427	4,692	6,204	5,781	3,011	2,5792	3,1442
78	4:00 AM	10,323	8,2	9,272	4,432	5,306	5,22	3,0358	2,5901	3,0533
79	4:10 AM	6,617	5,198	4,97	4,477	5,272	5,335	3,872	3,333	4,115
80	4:20 AM	10,527	7,444	9,035	3,674	4,525	4,222	3,75	3,242	3,934
81	4:30 AM	10,431	9,591	9,167	3,431	3,0209	3,558	3,378	3,288	3,793
82	4:40 AM	8,997	7,786	8,149	4,332	4,84	4,855	3,373	3,324	3,766
83	4:50 AM	9,717	7,936	9,167	4,948	4,746	5,337	2,9875	3,023	3,193
84	5:00 AM	9,989	7,5	8,833	4,749	4,803	5,231	3,0527	3,0116	3,22
85	5:10 AM	9,529	7,36	8,424	4,333	4,583	5,266	2,7587	2,5017	2,9506
86	5:20 AM	7,326	7,504	7,073	3,0131	3,616	3,688	3,283	2,8326	3,558
87	5:30 AM	7,343	5,563	6,669	3,318	4,008	4,096	3,455	3,0265	3,909
88	5:40 AM	8,242	6,042	6,141	4,221	5,426	5,207	3,536	3,189	3,802
89	5:50 AM	7,565	6,069	6,28	4,146	5,177	5,498	3,67	3,189	3,889
90	6:00 AM	7,709	5,244	5,472	3,987	4,446	4,218	3,1521	2,9426	3,611
91	6:10 AM	6,939	5,287	4,283	3,771	4,595	4,902	3,831	3,45	4,003
92	6:20 AM	10,316	7,54	9,2	3,926	4,659	4,951	4,188	3,639	4,422
93	6:30 AM	10,202	8,197	9,223	5,239	5,742	6,097	4,207	3,833	4,657
94	6:40 AM	9,505	8,316	7,106	5,106	5,652	6,268	3,355	3,0379	3,44
95	6:50 AM	7,88	7,914	7,073	4,8	5,413	5,773	3,891	3,526	4,19
96	7:00 AM	8,362	7,163	7,869	4,566	5,542	5,762	4,335	3,801	4,853
97	7:10 AM	7,221	5,264	5,885	4,402	5,165	5,318	4,764	4,034	5,338
98	7:20 AM	7,2	7,416	6,029	3,888	4,663	4,753	4,843	4,034	5,282
99	7:30 AM	7,243	6,992	7,316	3,981	4,723	5,107	4,11	3,444	3,578

# SEGUNDA MEDICIÓN

29 de enero de 2013

## REGISTRO DE ARMÓNICOS DE VOLTAJE MEDIDOS EN LA CENTRAL

### ILLUCHI 1

ARMÓNICOS DE VOLTAJE POR FASE										
ORDEN		3°	3°	3°	5°	5°	5°	7°	7°	7°
FASE	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
N°	HORA	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)
1	12:55 PM	7,492	9,69	10,754	26,476	23,814	24,941	10,172	7,829	8,019
2	1:00 PM	7,327	10,209	10,56	26,417	23,978	24,37	10,456	9,352	8,743
3	1:05 PM	6,913	10,209	10,323	27,685	25,614	25,794	10,935	11,293	9,8
4	1:10 PM	9,335	8,481	10,303	27,861	25,498	25,794	11,019	10,842	9,489
5	1:15 PM	9,335	9,782	9,868	26,61	24,173	24,955	9,983	9,126	7,98
6	1:20 PM	7,7	9,667	9,7	27,992	26,195	26,332	10,935	10,87	9,624
7	1:25 PM	7,459	9,55	9,364	27,992	26,396	26,688	10,9	10,751	9,305
8	1:30 PM	7,327	7,887	9,677	27,969	25,864	26,688	10,508	10,216	8,31
9	1:35 PM	7,068	7,887	9,792	28,347	25,85	27,064	10,492	9,442	8,229
10	1:40 PM	7,54	7,972	9,792	28,153	25,953	27,064	10,492	7,616	8,283
11	1:45 PM	7,223	7,972	9,792	26,028	24,478	25,676	9,392	6,052	8,202
12	1:50 PM	7,54	8,805	10,049	26,229	24,678	25,631	10,055	6,599	8,337
13	1:55 PM	7,223	8,769	11,084	26,61	24,368	25,535	9,983	7,734	8,202
14	2:00 PM	7,54	9,622	10,422	27,573	25,472	26,868	10,9	8,011	8,666
15	2:05 PM	7,492	9,698	9,792	27,983	26,301	27,793	12,138	9,416	11,702
16	2:10 PM	9,09	9,698	9,792	29,514	27,348	28,152	13,289	11,943	13,679
17	2:15 PM	8,726	9,622	9,56	29,514	27,242	28,178	13,563	12,289	14,031
18	2:20 PM	7,223	9,55	9,733	28,952	26,297	28,178	13,402	11,005	12,786
19	2:25 PM	6,913	9,599	9,733	30,679	27,996	29,743	15,268	13,787	15,7
20	2:30 PM	7,068	9,55	9,305	30,679	27,996	29,743	15,461	13,861	15,675
21	2:35 PM	7,003	9,37	9,364	29,91	27,831	29,326	15,004	13,895	16,618
22	2:40 PM	6,796	9,191	9,56	29,923	28,119	28,771	15,004	14,145	16,533
23	2:45 PM	6,729	8,834	9,56	28,37	26,602	27,295	12,385	10,274	12,131
24	2:50 PM	6,796	9,698	9,56	27,595	26,068	27,235	12,426	8,893	11,002
25	2:55 PM	6,613	9,37	9,425	27,969	26,396	27,785	12,246	8,724	11,002
26	3:00 PM	7,223	9,191	9,792	29,188	28,146	29,853	14,131	10,318	12,696
27	3:05 PM	7,223	9,004	9,677	29,553	28,52	29,946	14,172	10,695	13,097
28	3:10 PM	7,068	8,266	9,792	29,188	28,269	29,899	14,172	10,785	13,211
29	3:15 PM	6,913	8,266	9,677	26,819	25,303	27,039	12,138	7,357	8,921
30	3:20 PM	6,913	8,586	9,792	27,185	25,522	26,992	12,33	7,387	8,905
31	3:25 PM	6,87	8,646	9,862	26,991	25,367	26,808	11,81	8,076	9,449
32	3:30 PM	6,681	8,817	9,792	26,431	25,208	26,479	11,482	8,076	9,449
33	3:35 PM	6,729	8,836	9,868	26,603	25,126	26,212	11,427	7,195	9,036
34	3:40 PM	6,762	8,836	9,792	28,357	27,115	28,658	13,679	9,313	11,225
35	3:45 PM	6,681	8,836	10,476	28,352	27,085	28,771	13,153	9,12	11,092
36	3:50 PM	6,59	8,614	10,565	27,638	26,83	27,009	11,88	8,194	11,119
37	3:55 PM	6,87	8,927	10,303	27,42	26,687	27,009	11,88	8,969	11,489
38	4:00 PM	7,552	8,927	10,422	27,057	26,141	26,693	11,632	8,927	11,165
39	4:05 PM	7,419	9,296	10,226	26,09	24,248	25,733	10,684	7,13	9,354
40	4:10 PM	9,032	10,039	11,106	25,928	23,915	25,733	9,9	8,481	8,921
41	4:15 PM	9,032	10,808	11,084	24,54	22,622	23,58	9,392	8,623	9,003
42	4:20 PM	7,419	10,654	11,033	26,423	25,208	25,337	10,983	9,298	11,126
43	4:25 PM	8,31	10,739	11,166	28,561	27,649	28,771	10,55	8,969	10,762
44	4:30 PM	8,31	10,745	11,436	28,561	27,769	28,828	10,281	8,559	10,474
45	4:35 PM	8,129	11,379	11,516	28,442	27,894	27,861	10,281	8,689	9,914
46	4:40 PM	8,237	11,379	11,436	28,266	27,769	28,042	10,246	8,724	10,013
47	4:45 PM	7,836	9,667	11,436	28,952	28,172	29,009	12,077	11,679	14,089
48	4:50 PM	8,256	10,998	11,251	28,971	28,323	29,072	12,094	11,679	13,859
49	4:55 PM	8,256	11,32	11,359	28,025	27,479	28,706	11,321	10,835	13,16
50	5:00 PM	8,256	10,618	11,436	27,216	26,692	27,386	11,288	10,785	13,011
51	5:05 PM	9,561	10,998	11,436	26,805	26,453	26,666	9,97	8,902	9,953
52	5:10 PM	9,985	10,412	11,464	25,524	25,036	25,584	9,825	9,126	10,154
53	5:15 PM	9,9	11,379	11,285	25,065	24,955	25,584	8,872	8,481	9,289
54	5:20 PM	9,065	11,073	11,004	25,509	24,883	24,729	7,817	7,387	8,568
55	5:25 PM	8,855	10,506	11,774	25,896	24,401	24,848	7,661	7,851	8,936
56	5:30 PM	9,335	12,902	11,772	26,104	24,76	24,914	7,96	7,098	8,568
57	5:35 PM	9,281	12,501	11,425	24,476	22,683	23,305	10,104	10,519	9,914
58	5:40 PM	8,976	12,387	11,341	25,267	23,54	24,871	10,104	10,514	9,878



59	5:45 PM	8,825	11,273	10,853	23,496	21,771	22,167	10,135	10,95	9,575
60	5:50 PM	8,804	11,273	11,084	23,302	21,822	22,167	10,081	11,69	9,763
61	5:55 PM	9,065	10,896	10,572	22,552	20,989	21,118	9,23	11,943	9,036
62	6:00 PM	8,804	10,412	10,827	23,7	21,891	22,362	9,159	11,805	9,036
63	6:05 PM	8,552	10,751	11,084	23,69	22,206	22,718	8,164	10,991	8,149
64	6:10 PM	10,599	12,111	11,09	23,69	22,206	22,57	8,164	9,36	7,98
65	6:15 PM	10,259	11,497	11,144	21,389	20	21,348	6,321	7,098	5,908
66	6:20 PM	9,098	11,78	11,213	21,555	20,185	21,237	6,216	7,195	5,908
67	6:25 PM	9,335	11,425	11,004	21,371	19,958	21,544	5,467	8,076	5,908
68	6:30 PM	11,963	10,456	11,436	20,775	19,568	20,128	5,471	8,221	6,205
69	6:35 PM	13,112	9,622	11,359	19,865	20,654	21,71	5,398	5,577	8,165
70	6:40 PM	13,024	11,69	11,697	19,899	20,726	21,638	5,519	5,259	8,165
71	6:45 PM	14,837	10,216	10,782	20,226	21,038	21,875	5,282	5,748	6,241
72	6:50 PM	19,651	11,24	10,049	20,194	20,596	22,399	5,063	5,202	6,301
73	6:55 PM	13,524	8,646	10,16	19,706	20,351	22,209	5,408	5,495	6,241
74	7:00 PM	12,678	8,754	10,16	18,267	19,518	21,411	5,981	4,849	4,518
75	7:05 PM	13,729	9,312	10,049	17,9	19,568	21,32	6,36	5,075	4,661
76	7:10 PM	13,729	7,08	10,049	18,354	18,516	20,471	6,938	5,748	5,193
77	7:15 PM	13,586	7,733	9,998	18,288	18,92	20,747	6,881	6,734	5,921
78	7:20 PM	12,131	8,481	9,951	18,643	19,474	20,747	7,16	6,767	5,921
79	7:25 PM	12,109	8,622	6,659	18,655	19,842	18,242	6,881	5,89	4,787
80	7:30 PM	12,193	8,221	6,978	18,655	19,961	19,046	6,216	5,577	4,787
81	7:35 PM	13,39	7,428	6,978	18,51	19,876	19,283	5,876	5,748	5,047
82	7:40 PM	13,39	7,193	6,771	18,836	19,737	19,277	5,56	5,8	5,091
83	7:45 PM	12,642	8,614	7,78	18,16	19,645	21,545	5,94	5,577	6,583
84	7:50 PM	12,642	8,622	9,8	18,16	19,416	21,592	6,028	5,495	6,592
85	7:55 PM	12,738	8,481	9,868	18,141	18,983	21,483	6,081	5,89	6,682
86	8:00 PM	13,92	7,58	9,868	18,013	19,358	21,896	5,45	5,62	6,978
87	8:05 PM	13,953	7,193	9,868	18,206	19,385	22,279	5,94	5,62	6,978
88	8:10 PM	14,019	7,193	10,182	18,013	19,568	21,954	6,404	5,748	6,978
89	8:15 PM	13,92	7,58	9,908	17,582	18,342	20,952	5,282	4,595	4,787
90	8:20 PM	12,432	7,936	9,678	17,686	17,913	20,371	4,803	3,943	4,53
91	8:25 PM	12,738	7,891	9,677	17,156	17,589	20,045	4,724	3,304	4,677
92	8:30 PM	12,678	7,889	9,811	17,096	17,746	20,371	4,151	3,442	4,413
93	8:35 PM	12,978	7,296	9,579	17,104	17,712	20,42	4,803	3,287	4,349
94	8:40 PM	12,978	7,4	9,489	17,864	18,343	21,33	5,841	5,104	4,114
95	8:45 PM	13,164	7,296	9,868	17,668	18,178	20,762	5,94	4,952	4,349
96	8:50 PM	12,978	7,508	9,489	17,543	18,779	21,266	6,225	4,704	5,715
97	8:55 PM	13,164	7,296	9,53	17,513	18,347	21,256	6,225	4,464	5,501
98	9:00 PM	14,451	7,4	9,451	17,686	18,232	21,293	5,773	5,202	4,468
99	9:05 PM	14,451	7,461	9,8	16,963	18,196	20,692	5,734	5,893	5,193
100	9:10 PM	14,654	7,597	9,868	17,02	17,791	20,534	5,56	4,271	5,047
101	9:15 PM	14,818	7,726	9,8	16,932	17,053	19,65	5,56	2,9449	4,349
102	9:20 PM	13,282	6,8	9,8	16,793	16,948	19,353	5,395	2,9449	3,895
103	9:25 PM	13,352	6,485	9,451	16,319	16,632	19,622	4,912	2,4759	3,532
104	9:30 PM	13,352	6,608	9,362	16,383	16,251	19,217	4,854	2,8742	3,244
105	9:35 PM	13,282	6,613	9,11	17,672	17,712	20,762	5,75	3,304	4,327
106	9:40 PM	13,282	7,175	9,489	17,967	18,239	21,116	7	4,952	6,682
107	9:45 PM	13,048	7,224	9,575	17,821	18,038	20,87	7,368	5,042	6,76
108	9:50 PM	12,978	7,224	9,489	17,947	18,178	20,948	6,781	4,845	6,384
109	9:55 PM	13,524	7,597	9,575	17,864	18,097	21,218	5,841	4,323	5,265
110	10:00 PM	14,984	7,55	9,575	18,013	17,401	20,504	5,828	4,672	5,8
111	10:05 PM	15,086	7,508	9,677	18,896	18,793	21,32	5,495	4,74	5,692
112	10:10 PM	14,757	7,508	9,868	19,477	19,842	22,032	6,636	4,183	5,857
113	10:15 PM	13,403	7,55	10,328	19,634	20,215	22,767	6,14	4,323	5,731
114	10:20 PM	13,797	7,972	10,235	19,808	20,109	22,652	6,14	4,509	5,921
115	10:25 PM	13,773	8,077	9,8	19,865	20,3	22,718	4,258	2,9577	3,553
116	10:30 PM	13,479	8,266	9,832	20,866	21,355	24,33	3,729	3,501	3,87
117	10:35 PM	13,524	8,077	9,8	21,337	22,427	24,823	3,34	4,849	4,413
118	10:40 PM	13,457	7,927	9,868	21,36	22,775	24,879	3,58	5,386	4,787
119	10:45 PM	13,403	7,697	9,951	21,401	22,775	24,924	4,096	4,956	4,677
120	10:50 PM	13,323	7,738	9,951	21,914	22,974	25,584	3,202	4,672	4,413
121	10:55 PM	13,524	8,077	9,908	21,077	22,149	24,633	3,318	4,165	4,027
122	11:00 PM	13,479	8,011	9,951	21,077	21,758	24,519	2,8003	4,165	3,985
123	11:05 PM	13,129	7,972	10,422	21,145	21,881	24,823	2,9124	4,258	3,832
124	11:10 PM	14,654	7,887	9,951	21,197	22,982	25,359	2,3698	5,086	4,85
125	11:15 PM	14,69	7,597	10,264	21,145	23,124	25,426	3,998	5,427	5,265
126	11:20 PM	13,191	7,887	10,093	21,961	22,378	25,547	4,2	3,828	3,569
127	11:25 PM	13,225	7,887	10,093	21,759	22,163	25,443	4,2	4,271	5,047
128	11:30 PM	13,191	7,697	9,878	21,371	21,809	24,98	3,58	4,271	5,193
129	11:35 PM	12,932	7,972	10,286	20,584	20,953	24,564	5,491	4,271	5,265
130	11:40 PM	12,932	9,266	10,286	19,225	19,531	22,587	4,95	4,409	5,391
131	11:45 PM	13,18	9,845	10,071	18,784	19,198	21,71	5,082	4,078	5,391
132	11:50 PM	12,908	9,444	10,071	20,672	21,56	23,766	4,676	4,258	5,265
133	11:55 PM	12,432	9,37	10,093	20,672	21,771	24,182	4,807	3,886	4,896
134	12:00 AM	12,383	7,927	10,458	21,583	23,54	26,48	4,054	5,03	5,339
135	12:05 AM	13,92	7,927	10,093	21,722	23,794	26,48	3,318	5,086	5,339

136	12:10 AM	13,852	7,887	10,071	22,358	24,91	27,753	3,77	5,813	7,137
137	12:15 AM	13,789	8,76	10,13	22,623	25,126	27,701	3,5	5,851	7,265
138	12:20 AM	13,049	8,927	10,257	21,759	23,616	26,22	3,202	5,469	6,659
139	12:25 AM	12,932	9,052	10,093	24,557	26,513	28,96	5,063	7,219	8,921
140	12:30 AM	12,769	8,622	10,323	24,54	26,843	29,568	4,865	7,734	9,583
141	12:35 AM	12,53	6,941	10,286	22,913	24,566	26,807	4,002	6,235	7,942
142	12:40 AM	12,359	7,13	10,495	21,753	22,748	25,257	4,428	4,409	4,169
143	12:45 AM	12,804	9,052	10,495	22,165	23,814	26,193	4,529	4,676	3,985
144	12:50 AM	12,804	9,171	10,071	22,341	23,814	26,662	4,289	4,704	6,074
145	12:55 AM	13,049	8,927	10,286	22,735	25,036	28,04	3,96	6,576	8,597
146	1:00 AM	13,852	8,927	10,323	23,312	25,988	29,07	4,272	6,767	8,752
147	1:05 AM	14,119	7,247	10,651	22,218	24,76	27,457	3,58	5,206	6,892
148	1:10 AM	13,92	7,13	10,707	22,382	24,581	27,249	4,2	5,042	6,548
149	1:15 AM	13,752	8,76	10,688	20,672	22,736	24,98	4,2	4,078	4,187
150	1:20 AM	12,642	9,052	10,515	23,379	25,547	28,319	3,709	4,849	6,817
151	1:25 AM	12,678	8,987	10,467	23,435	25,547	28,319	3,75	5,427	6,978
152	1:30 AM	12,432	8,69	10,467	22,735	24,934	27,373	4,865	6,753	8,283
153	1:35 AM	12,978	7,387	12,424	24,153	25,686	27,938	5,159	6,712	8,168
154	1:40 AM	12,769	8,769	12,796	24,035	25,997	28,152	5,59	5,372	5,754
155	1:45 AM	12,978	9,161	10,672	24,228	25,997	27,419	6,14	5,748	5,032
156	1:50 AM	12,555	8,69	10,458	22,854	23,617	25,159	5,94	5,748	4,725
157	1:55 AM	13,032	9,296	11,842	21,195	22,468	24,924	5,408	4,409	5,586
158	2:00 AM	13,373	9,242	11,418	23,716	25,303	28,01	5,228	5,06	7,013
159	2:05 AM	13,419	7,887	11,232	23,707	25,639	28,171	4,393	5,469	7,395
160	2:10 AM	13,729	7,793	11,031	23,311	25,134	27,751	4,912	5,413	7,41
161	2:15 AM	13,546	7,697	11,612	22,349	23,38	26,242	5,282	6,015	5,542
162	2:20 AM	12,359	9,544	10,093	18,773	18,865	20,844	5,763	7,132	6,848
163	2:25 AM	12,5	10,504	11,418	20,252	20,406	23,381	5,927	6,971	6,848
164	2:30 AM	13,225	9,48	11,038	21,197	21,32	24,113	5,773	6,377	6,892
165	2:35 AM	12,094	8,509	9,878	23,134	24,826	27,631	3,902	5,427	7,395
166	2:40 AM	11,835	7,13	10,257	24,103	26,611	29,264	5,063	8,347	10,093
167	2:45 AM	11,835	7,962	9,918	24,706	27,148	29,912	5,063	7,971	10,038
168	2:50 AM	12,039	7,993	9,9	24,078	25,966	28,635	5,59	6,841	7,802
169	2:55 AM	11,886	8,058	9,9	23,049	24,474	27,108	4,2	6,235	6,848
170	3:00 AM	11,805	9,822	10,093	23,071	24,482	27,108	4,428	6,141	6,433
171	3:05 AM	11,677	9,817	10,08	22,256	23,866	25,535	4,692	4,72	5,047
172	3:10 AM	12,359	9,434	10,286	21,833	24,042	27,899	4,992	6,003	8,229
173	3:15 AM	12,082	10,456	9,9	21,832	24,225	28,39	4,054	5,89	7,741
174	3:20 AM	11,886	10,055	9,9	22,165	24,559	27,558	4,128	6,608	8,489
175	3:25 AM	12,094	9,904	9,9	22,147	24,173	27,489	3,709	6,377	8,905
176	3:30 AM	12,131	10,209	9,746	20,584	21,962	25,631	3,0327	4,097	5,754
177	3:35 AM	12,601	11,24	11,831	22,685	23,49	27,426	3,231	5,445	7,98
178	3:40 AM	12,804	11,632	11,67	22,746	23,281	26,872	3,306	5,536	8,337
179	3:45 AM	12,383	8,826	10,865	22,237	22,284	26,053	3,318	5,259	8,234
180	3:50 AM	12,094	10,048	11,812	21,414	22,327	26,155	3,391	5,206	7,106
181	3:55 AM	13,319	9,881	11,058	23,302	23,978	27,318	4,428	6,485	7,538
182	4:00 AM	11,584	8,302	10,651	22,924	23,442	26,755	4,276	6,436	7,683
183	4:05 AM	11,81	7,705	10,093	23,071	23,886	26,752	5,654	6,342	6,62
184	4:10 AM	12,738	7,705	10,323	23,222	23,886	26,688	5,654	6,585	6,488
185	4:15 AM	11,546	7,765	10,479	20,752	20,614	23,34	5,56	5,445	4,807
186	4:20 AM	11,81	9,444	10,13	19,838	21,32	24,79	4,428	3,565	5,109
187	4:25 AM	12,193	12,194	13,359	22,525	23,626	26,479	4,182	6,984	8,229
188	4:30 AM	13,254	13,539	12,005	22,165	23,201	26,417	4,182	7,003	8,438
189	4:35 AM	11,69	8,423	10,479	22,137	23,981	27,044	4,342	6,114	7,303
190	4:40 AM	11,584	7,887	10,865	21,565	23,825	27,044	4,865	6,187	6,978
191	4:45 AM	11,81	9,345	10,479	20,046	20,77	23,847	5,126	4,833	3,532
192	4:50 AM	11,983	9,55	10,13	21,414	22,827	26,38	4,342	6,753	7,528
193	4:55 AM	12,085	9,876	10,13	21,759	23,38	27,793	4,529	7,098	7,942
194	5:00 AM	12,131	10,093	10,9	23,328	25,311	29,998	4,728	6,608	7,303
195	5:05 AM	13,254	11,912	13,251	23,134	25,096	29,766	4,428	6,917	7,515
196	5:10 AM	13,419	11,703	13,363	21,947	23,165	26,834	4,128	6,068	6,34
197	5:15 AM	12,822	12,289	13,569	20,712	21,633	24,617	3,324	5,027	6,978
198	5:20 AM	12,978	11,16	12,4	21,529	22,696	27,194	3,902	8,347	10,49
199	5:25 AM	12,738	9,928	10,651	21,555	22,974	26,459	4,311	8,305	10,529
200	5:30 AM	12,063	9,566	13,183	21,746	22,827	26,503	4,393	6,247	7,045
201	5:35 AM	13,463	11,273	12,44	21,365	22,405	26,429	5,107	5,713	6,433
202	5:40 AM	13,586	11,372	12,41	21,058	22,313	25,733	5,141	5,372	6,059
203	5:45 AM	12,505	9,667	11,742	21,059	20,465	23,662	5,141	4,783	3,505
204	5:50 AM	11,886	10,172	11,418	20,286	20,245	23,933	5,063	4,704	3,569
205	5:55 AM	12,642	9,845	12,392	19,42	20,153	23,072	4,545	4,526	4,725
206	6:00 AM	12,131	8,913	12,206	19,229	19,705	22,652	4,74	4,656	4,957
207	6:05 AM	11,835	8,329	11,477	19,431	19,507	22,652	4,76	4,656	4,957
208	6:10 AM	11,983	7,889	10,9	19,728	19,32	22,523	4,728	4,783	4,53
209	6:15 AM	12,505	8,969	10,328	19,063	18,9	21,665	4,803	4,783	4,725
210	6:20 AM	12,547	8,724	10,865	18,675	19,992	21,298	5,773	6,585	8,373
211	6:25 AM	10,889	10,393	10,182	19,42	19,876	21,32	6,601	7,887	10,565
212	6:30 AM	10,34	10,238	10,565	21,006	21,499	22,997	7,296	9,782	11,982

213	6:35 AM	8,516	11,451	10,688	20,759	21,475	23,021	7,469	9,667	12,117
214	6:40 AM	8,855	11,536	10,063	19,249	19,415	21,844	7,223	8,074	10,422
215	6:45 AM	9,327	12,589	10,628	19,032	18,321	19,546	5,631	5,386	7,303
216	6:50 AM	8,863	11,433	12,603	20,604	20,552	21,71	7,459	8,689	10,132
217	6:55 AM	9,034	11,658	12,603	22,189	21,737	23,683	8,092	9,715	11,166
218	7:00 AM	8,622	11,22	12,199	22,335	21,901	23,847	7,996	9,617	11,09
219	7:05 AM	9,23	10,697	11,445	21,749	20,623	22,767	8,005	9,313	9,678
220	7:10 AM	9,824	10,12	11,445	21,583	21,14	22,399	7,968	9,06	9,575
221	7:15 AM	9,59	9,736	9,868	21,389	20,992	19,019	7,014	7,675	7,344
222	7:20 AM	8,525	10,442	7,979	23,716	23,026	22,016	8,31	8,474	8,524
223	7:25 AM	8,191	9,908	8,568	24,114	23,683	22,439	9,099	9,822	9,483
224	7:30 AM	8,4	12,026	7,837	23,306	23,13	21,799	9,248	9,667	9,501
225	7:35 AM	8,157	11,703	7,663	23,7	22,216	19,925	7,681	6,653	5,857
226	7:40 AM	7,659	11,128	9,921	23,91	22,524	22,443	8,191	8,049	8,777
227	7:45 AM	7,223	10,554	10,063	23,62	21,127	22,384	8,005	8,194	8,777
228	7:50 AM	7,459	12,043	10,063	25,482	23,284	24,063	7,826	8,042	7,837
229	7:55 AM	7,595	12,47	10,422	24,879	22,978	24,085	9,128	10,083	10,602
230	8:00 AM	7,863	11,128	11,079	25,635	24,409	25,337	10,074	10,376	10,714
231	8:05 AM	8,908	11,128	11,084	25,438	24,409	25,337	10,165	9,73	10,533
232	8:10 AM	9,23	11,379	10,65	23,842	22,524	22,719	7,853	8,275	9,065
233	8:15 AM	9,23	10,998	10,782	24,088	22,481	23,218	7,826	6,917	7,344
234	8:20 AM	8,659	11,819	12,412	26,02	24,632	25,463	10,081	10,561	11,084
235	8:25 AM	8,516	12,026	12,536	26,139	24,373	25,646	10,831	10,554	11,251
236	8:30 AM	7,996	10,504	11,924	25,772	24,521	24,845	10,831	10,469	11,365
237	8:35 AM	7,996	10,834	12,221	25,461	24,297	24,845	9,983	9,928	10,415
238	8:40 AM	8,525	11,027	13,057	23,56	22,133	22,212	9,007	8,481	8,524
239	8:45 AM	8,31	11,414	12,301	23,081	21,349	21,638	8,726	9,191	9,53
240	8:50 AM	8,552	11,607	12,24	24,381	21,926	22,682	9,09	9,868	10,306

## REGISTRO DE ARMÓNICOS DE CORRIENTE MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 1

ARMÓNICOS DE CORRIENTE POR FASE										
ORDEN		3°	3°	3°	5°	5°	5°	7°	7°	7°
FASE		A	B	C	A	B	C	A	B	C
N°	HORA	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
1	12:55 PM	2,621	3,0144	1,992	9,779	9,982	9,593	3,639	3,375	3,553
2	1:00 PM	3,217	2,8114	1,8726	9,838	9,973	9,711	3,439	3,1535	3,617
3	1:05 PM	2,8795	2,8424	1,8216	10,366	10,534	9,921	3,428	3,1535	3,591
4	1:10 PM	2,131	2,2222	1,941	10,369	10,541	9,982	3,62	3,405	3,829
5	1:15 PM	2,8005	3,17	2,0895	10,216	10,234	9,655	3,661	3,405	3,878
6	1:20 PM	2,8412	3,1124	1,9618	10,773	10,635	10,132	3,307	3,0378	3,376
7	1:25 PM	2,6694	2,9859	1,8496	10,713	10,757	10,24	3,1175	2,7838	3,235
8	1:30 PM	1,9175	0,8385	1,7992	10,546	10,757	10,24	3,0764	2,8022	3,252
9	1:35 PM	1,8148	0,732	1,9043	10,736	11,002	10,383	3,473	2,8814	3,252
10	1:40 PM	1,8524	0,7052	1,7607	10,89	11,004	10,353	3,62	2,8873	3,011
11	1:45 PM	2,0659	0,6546	1,8216	9,966	10,543	9,678	3,588	2,6843	2,8892
12	1:50 PM	2,2251	0,6546	1,931	10,045	10,279	9,693	3,1085	2,6319	2,5064
13	1:55 PM	1,961	1,9696	1,9099	9,966	10,215	9,693	3,378	3,167	2,9823
14	2:00 PM	2,7016	2,8836	2,0679	10,509	10,679	10,235	3,478	3,186	3,0783
15	2:05 PM	2,8824	2,9685	2,138	10,842	11,27	10,467	3,0196	2,3715	2,5393
16	2:10 PM	2,5203	2,8718	1,992	11,092	11,266	10,645	2,9276	2,226	3,166
17	2:15 PM	2,5575	2,8022	1,8862	11,181	11,268	10,704	2,9948	2,2299	3,249
18	2:20 PM	2,5859	2,9981	1,9672	11,085	11,198	10,678	2,8966	2,2867	2,6482
19	2:25 PM	2,6838	3,197	1,8599	11,743	11,857	11,114	2,8827	2,0464	3,423
20	2:30 PM	2,7721	2,9859	1,992	11,635	11,918	11,242	2,8392	1,9815	3,519
21	2:35 PM	2,7611	2,7412	1,8588	11,317	11,785	11,002	3,0682	2,2603	4,029
22	2:40 PM	2,6343	2,55	1,8588	11,427	11,666	10,88	4,08	3,632	3,933
23	2:45 PM	2,6307	2,6995	1,8862	10,856	11,009	10,414	4,087	3,514	3,748
24	2:50 PM	2,6381	2,6995	1,9442	10,59	11,006	10,329	3,775	2,8205	3,395
25	2:55 PM	2,8466	2,8114	1,7449	10,693	11,208	10,252	3,1283	2,6319	2,3803
26	3:00 PM	2,6178	2,9082	1,7052	11,392	11,532	11,071	3,209	2,5424	2,2924
27	3:05 PM	2,8572	2,9981	1,6177	11,537	11,526	11,128	2,8287	2,1315	2,1089
28	3:10 PM	2,4354	2,8836	1,7607	11,275	11,523	11,09	2,4222	2,1645	1,7201
29	3:15 PM	2,5541	2,9866	1,8862	10,573	10,476	10,179	2,6646	2,3146	2,3395
30	3:20 PM	2,6185	2,8718	1,8726	10,436	10,479	10,09	3,0601	2,6089	2,6963
31	3:25 PM	2,6991	2,8836	1,9442	10,509	10,477	10,06	3,1028	2,6994	2,6262
32	3:30 PM	2,6374	2,8836	1,8588	10,203	10,28	10,074	3,1583	2,7341	2,4572
33	3:35 PM	2,6838	2,8546	1,8496	10,221	10,28	9,948	3,0968	2,6221	2,4815
34	3:40 PM	2,6881	2,6963	1,8862	10,872	11,133	10,587	3,0167	2,7621	2,5645

35	3:45 PM	2,625	2,7784	1,8216	11,037	11,132	10,532	2,8322	2,2603	2,5804
36	3:50 PM	2,5557	3,0144	1,8726	10,82	11,019	10,497	3,0597	2,5825	2,6288
37	3:55 PM	2,6307	2,7815	2,0303	10,828	11,019	10,385	3,413	3,445	2,9823
38	4:00 PM	2,7487	2,9073	1,9442	10,463	10,613	10,318	3,594	3,338	2,939
39	4:05 PM	2,6253	3,0903	2,0303	10,272	10,365	9,914	3,449	3,338	3,0505
40	4:10 PM	2,7219	2,9345	1,9964	10,174	10,254	9,88	3,343	3,1481	3,182
41	4:15 PM	2,884	2,8546	1,9964	9,239	9,562	8,893	3,223	3,0777	3,28
42	4:20 PM	2,8207	2,9073	2,129	10,253	10,344	10,01	3,443	3,0371	3,164
43	4:25 PM	2,7543	2,9073	1,992	11,48	11,663	11,26	3,378	3,0116	2,988
44	4:30 PM	2,5859	2,9073	2,0346	11,543	11,788	11,26	2,9968	2,6706	2,3687
45	4:35 PM	2,9847	2,7246	1,8726	11,376	11,419	10,968	3,1221	2,6843	2,7496
46	4:40 PM	2,5989	2,7528	1,9964	11,437	11,535	10,968	3,513	2,8364	3,1498
47	4:45 PM	2,3967	2,6995	1,9888	11,392	11,526	11,064	3,693	2,9426	3,293
48	4:50 PM	2,814	3,303	2,0935	11,37	11,657	11,179	3,58	3,167	3,423
49	4:55 PM	2,7503	2,9425	1,9672	11,055	11,721	11,096	3,602	2,8425	3,334
50	5:00 PM	2,625	2,6514	1,9043	10,682	11,137	10,48	4,018	3,595	3,932
51	5:05 PM	2,6849	2,609	1,6543	10,712	11	10,265	4,085	3,638	4,063
52	5:10 PM	2,2368	2,7246	1,7546	10,167	10,476	10,026	3,85	3,562	4,023
53	5:15 PM	2,5597	2,8326	1,8216	10,09	10,675	9,914	3,807	3,526	3,878
54	5:20 PM	2,6347	3,0266	1,8496	10,294	10,411	9,782	3,981	3,414	3,235
55	5:25 PM	2,1272	2,226	1,5803	10,585	10,747	10,093	3,98	3,414	3,27
56	5:30 PM	2,7255	3,305	1,9143	10,415	10,619	10,074	3,67	3,362	2,928
57	5:35 PM	2,8737	3,319	1,9661	9,563	9,591	9,009	3,461	3,338	2,808
58	5:40 PM	2,7255	3,436	1,8862	9,742	10,217	9,655	3,465	3,018	3,403
59	5:45 PM	2,6793	3,068	1,8415	8,749	9,039	8,511	3,693	3,186	3,505
60	5:50 PM	2,625	3,234	2,0007	8,758	8,919	8,481	3,874	3,989	4,13
61	5:55 PM	2,5271	3,197	2,0007	8,433	8,527	8,194	3,907	3,989	4,13
62	6:00 PM	2,4575	3,0209	1,7595	8,98	9,167	8,893	3,483	3,541	3,677
63	6:05 PM	2,3888	2,8873	1,9618	9,115	9,169	8,949	3,486	3,0145	3,311
64	6:10 PM	2,8207	3,1481	2,7199	9,081	9,235	8,949	3,788	3,427	3,37
65	6:15 PM	2,3967	2,7622	1,3655	8,289	8,515	8,194	4,444	4,339	4,118
66	6:20 PM	2,358	2,8334	1,5322	8,442	8,651	8,176	4,465	4,274	4,063
67	6:25 PM	2,1605	2,7622	1,4912	8,468	8,651	8,235	4,093	3,948	3,847
68	6:30 PM	1,9004	1,9954	1,2578	7,936	8,131	7,779	4,509	4,192	3,89
69	6:35 PM	1,5871	0,8281	1,2338	8,607	8,821	8,235	4,549	4,402	3,92
70	6:40 PM	2,1587	2,8159	1,452	8,592	8,951	8,347	4,725	4,431	3,926
71	6:45 PM	2,258	2,8022	1,591	8,816	9,111	8,318	4,654	4,462	4,073
72	6:50 PM	2,2616	2,7815	1,2881	8,825	9,03	8,397	4,522	4,479	4,029
73	6:55 PM	2,2857	3,1481	1,7052	8,619	8,913	8,293	4,456	4,264	3,959
74	7:00 PM	2,6575	3,252	1,8415	8,287	8,245	7,508	4,571	4,241	3,813
75	7:05 PM	2,5951	3,281	1,7202	8,06	8,026	7,292	4,525	4,289	4,171
76	7:10 PM	2,033	1,2354	1,4927	7,596	7,635	7,279	4,55	4,289	4,156
77	7:15 PM	2,1269	2,8985	1,7789	7,757	7,505	7,335	4,188	4,034	3,849
78	7:20 PM	2,58	3,437	1,8726	8,149	8,056	7,618	4,121	4,006	3,86
79	7:25 PM	2,5692	3,395	1,7202	8,37	8,315	7,729	4,06	4,061	3,627
80	7:30 PM	2,4766	3,242	1,6348	8,443	8,526	7,988	4,029	3,93	3,572
81	7:35 PM	2,0952	1,4164	1,2058	8,431	8,551	8,139	4,013	3,833	3,393
82	7:40 PM	1,9634	2,4602	1,6543	8,665	8,706	8,306	4,057	4,061	3,656
83	7:45 PM	2,4681	3,427	2,0935	8,549	8,671	7,946	4,006	3,996	3,656
84	7:50 PM	2,4845	3,523	1,9792	8,422	8,579	7,866	3,91	3,898	3,521
85	7:55 PM	2,3595	3,197	1,8356	8,173	8,223	7,772	4,066	3,878	3,521
86	8:00 PM	1,8981	1,3919	1,3903	8,344	8,511	7,973	4,1	4,034	3,433
87	8:05 PM	1,8936	1,4164	1,3481	8,303	8,578	7,988	4,097	4,068	3,634
88	8:10 PM	1,8254	1,3919	1,4086	8,319	8,706	8,059	4,129	4,068	3,57
89	8:15 PM	1,97	1,4929	1,4146	8,043	7,987	7,569	4,108	4,161	3,656
90	8:20 PM	2,0799	1,5285	1,5322	7,763	7,911	7,519	4,412	4,37	3,813
91	8:25 PM	2,0549	1,5767	1,3795	7,682	7,686	7,272	4,542	4,548	3,954
92	8:30 PM	2,2289	1,5984	1,3465	7,562	7,707	7,291	4,584	4,535	3,9
93	8:35 PM	1,897	1,4639	1,3481	7,845	7,911	7,462	4,45	4,46	3,926
94	8:40 PM	1,729	1,4164	1,2338	7,731	7,836	7,456	4,542	4,519	4,072
95	8:45 PM	1,7342	1,4945	1,2407	7,821	7,73	7,376	4,144	4,321	3,862
96	8:50 PM	1,8887	1,527	1,3903	7,566	7,9	7,169	4,039	3,93	3,627
97	8:55 PM	1,8024	1,527	1,2948	7,757	7,859	7,456	4,171	4,223	3,984
98	9:00 PM	1,7394	1,4929	1,3655	7,914	7,859	7,537	4,446	4,339	3,984
99	9:05 PM	1,8626	1,4164	1,4146	7,755	7,975	7,419	4,619	4,469	3,954
100	9:10 PM	2,3821	3,526	2,3686	7,571	7,73	7,251	4,561	4,6	4,049
101	9:15 PM	2,4262	3,601	2,2255	6,878	6,96	6,585	4,42	4,146	3,958
102	9:20 PM	1,992	1,5649	1,5599	6,914	7,049	6,75	4,648	4,359	4,13
103	9:25 PM	1,915	1,5285	1,5266	6,925	7,024	6,713	4,465	4,184	3,929
104	9:30 PM	2,0695	1,6691	1,5214	6,731	6,922	6,647	4,641	4,535	4,367
105	9:35 PM	1,9902	1,6449	1,5543	7,405	7,362	7,183	4,497	4,434	4,247
106	9:40 PM	2,0159	1,6476	1,6675	7,464	7,362	7,21	4,426	4,224	4,059
107	9:45 PM	2,0159	1,5523	1,4612	7,317	7,422	7,147	4,365	3,892	3,878

108	9:50 PM	2,1195	1,574	1,4785	7,336	7,491	6,958	4,506	4,363	4,424
109	9:55 PM	2,0952	1,5061	1,4524	7,331	7,421	7,183	4,627	4,363	4,481
110	10:00 PM	2,0353	1,4359	1,4797	7,377	7,317	7,128	4,712	4,458	4,513
111	10:05 PM	2,1033	1,4537	1,619	8,051	7,94	7,659	4,741	4,435	4,512
112	10:10 PM	2,1753	1,5452	1,4797	8,069	8,135	7,729	4,489	4,061	4,059
113	10:15 PM	2,1278	1,7135	1,6417	8,225	8,335	7,982	4,444	3,946	4,218
114	10:20 PM	2,2039	1,5073	1,7525	8,473	8,412	8,24	4,938	4,783	4,796
115	10:25 PM	2,2814	1,4537	1,5171	8,593	8,514	8,279	4,936	4,732	4,739
116	10:30 PM	2,1949	1,4164	1,4357	9,083	9,111	8,853	5,039	4,973	4,806
117	10:35 PM	2,299	1,4713	1,2493	9,565	9,569	9,227	4,883	4,861	4,716
118	10:40 PM	2,2222	1,3643	1,3417	9,588	9,558	9,181	4,674	4,456	4,442
119	10:45 PM	2,0353	1,2712	1,3196	9,673	9,648	9,105	4,519	4,193	4,322
120	10:50 PM	2,0236	1,2913	1,2718	9,968	9,827	9,534	4,627	4,203	4,322
121	10:55 PM	1,9634	1,1735	1,2897	9,707	9,537	9,202	4,882	4,738	4,632
122	11:00 PM	2,0499	1,1698	1,2948	9,517	9,451	9,175	4,909	4,758	4,732
123	11:05 PM	2,0022	1,2037	1,5391	9,534	9,537	9,26	4,81	4,7	4,88
124	11:10 PM	2,0983	1,0882	1,2058	9,736	9,964	9,294	5,054	4,721	4,467
125	11:15 PM	1,908	1,0273	1,1097	9,722	9,978	9,314	5,186	4,66	4,495
126	11:20 PM	1,9643	1,1583	1,1902	9,395	9,297	9,185	4,931	4,533	4,55
127	11:25 PM	1,8371	1,1434	1,1643	9,372	9,14	9,053	4,631	4,478	4,527
128	11:30 PM	1,7914	1,1711	1,2022	9,376	9,153	9,014	4,676	4,402	4,457
129	11:35 PM	1,9157	1,1173	1,1789	9,066	8,965	8,78	4,746	4,656	4,92
130	11:40 PM	2,8773	3,262	1,7732	8,327	8,221	8,055	4,899	4,687	4,879
131	11:45 PM	2,798	3,339	1,6831	8,028	8,02	7,256	5,028	5,029	4,991
132	11:50 PM	2,8912	3,237	1,2697	8,616	8,708	8,131	5,177	5,043	5,053
133	11:55 PM	2,5766	2,7105	1,2022	8,791	9,004	8,235	4,739	4,524	4,855
134	12:00 AM	2,0952	0,9826	1,2216	9,754	10	9,299	4,68	4,475	4,467
135	12:05 AM	2,1605	1,0248	1,2934	9,887	10,08	9,318	4,68	4,545	4,529
136	12:10 AM	2,2289	1,0896	1,3783	10,142	10,436	9,686	4,84	4,605	4,592
137	12:15 AM	2,9209	3,25	1,563	10,273	10,574	9,761	4,87	4,69	4,694
138	12:20 AM	3,0869	3,221	1,7164	9,761	9,876	9,25	4,738	4,665	4,694
139	12:25 AM	3,05	3,0456	1,3029	10,952	10,939	10,413	4,558	4,532	4,482
140	12:30 AM	2,6575	2,7784	1,4622	10,981	11,08	10,52	4,489	4,519	4,34
141	12:35 AM	2,0983	0,8905	1,5168	10,169	10,052	9,607	4,258	4,109	4,26
142	12:40 AM	2,0983	2,2136	1,5817	9,239	9,166	8,774	4,621	4,391	4,643
143	12:45 AM	3,045	3,0793	1,5965	9,532	9,495	9,022	4,905	4,497	4,798
144	12:50 AM	2,9588	3,0686	1,615	9,761	9,928	9,431	4,631	4,652	4,787
145	12:55 AM	2,8111	3,0209	1,6034	10,432	10,583	10,084	4,804	4,718	4,676
146	1:00 AM	3,0216	3,274	1,7202	10,718	10,955	10,43	4,509	4,65	4,481
147	1:05 AM	2,0022	1,0227	1,5391	10,009	10,317	9,795	4,365	4,264	4,161
148	1:10 AM	2,0965	1,0227	1,6932	10,01	10,267	9,705	4,861	4,701	4,861
149	1:15 AM	2,9061	3,1596	2,0989	8,894	9,299	8,549	4,777	4,751	4,806
150	1:20 AM	2,875	3,197	1,452	10,89	10,654	10,117	4,565	4,73	4,637
151	1:25 AM	2,8255	3,0181	1,3748	10,887	10,667	10,11	4,699	4,823	4,801
152	1:30 AM	2,5888	2,6514	1,5168	10,652	10,441	9,81	4,621	4,617	4,565
153	1:35 AM	2,2566	2,1134	2,142	10,217	10,345	9,807	4,398	4,208	4,188
154	1:40 AM	3,166	3,274	1,7849	10,314	10,346	9,913	4,327	4,038	4,198
155	1:45 AM	3,0842	3,279	1,7465	10,419	10,217	9,588	4,038	3,955	4,163
156	1:50 AM	3,1254	3,279	1,563	9,377	9,042	8,53	4,712	4,487	4,838
157	1:55 AM	3,524	3,216	3,1066	9,299	9,208	8,586	4,838	4,816	5,042
158	2:00 AM	3,542	3,1596	3,869	10,602	10,565	10,093	4,856	4,785	5,042
159	2:05 AM	3,27	2,7233	2,2387	10,651	10,557	10,074	4,745	4,558	4,387
160	2:10 AM	3,0477	2,7598	2,0782	10,39	10,352	9,924	4,489	4,532	4,306
161	2:15 AM	3,0031	3,221	2,3224	9,566	9,528	9,212	4,356	4,223	4,37
162	2:20 AM	4,015	4,085	2,312	7,311	7,166	6,886	4,398	4,204	4,579
163	2:25 AM	4,314	4,191	2,0935	8,369	8,126	7,822	4,365	4,272	4,665
164	2:30 AM	3,974	4,195	2,4337	8,749	8,597	8,501	4,398	4,354	4,676
165	2:35 AM	3,283	3,524	1,5817	10,221	10,521	10,026	4,546	4,751	4,431
166	2:40 AM	2,6176	1,9764	1,3116	11,096	11,077	10,374	4,566	4,783	4,33
167	2:45 AM	2,0022	1,1601	1,4912	11,134	11,435	10,676	4,486	4,686	4,238
168	2:50 AM	1,9317	1,0704	1,4086	10,528	10,803	10,109	4,467	4,212	4
169	2:55 AM	2,031	0,8905	1,4282	10,321	10,369	9,54	4,447	4,399	4,118
170	3:00 AM	2,7617	2,9987	1,4045	10,033	10,337	9,559	4,609	4,476	4,311
171	3:05 AM	2,7867	2,9967	1,2216	9,628	9,69	8,747	4,539	4,476	4,386
172	3:10 AM	2,7843	3,278	1,442	9,785	10,312	9,555	4,512	4,456	4,347
173	3:15 AM	3,0952	3,261	1,2621	9,893	10,541	9,532	4,566	4,5	4,138
174	3:20 AM	3,0167	3,222	1,1697	10,191	10,505	9,552	4,758	4,525	4,332
175	3:25 AM	2,805	2,9781	1,1934	10,142	10,435	9,489	4,766	4,847	4,834
176	3:30 AM	2,7957	3,1496	1,4622	8,997	9,236	8,967	4,938	4,986	4,924
177	3:35 AM	4,263	4,571	1,8588	10,572	10,267	10,094	4,847	4,954	4,924
178	3:40 AM	4,418	4,656	2,1601	10,138	10,121	9,734	4,81	4,932	4,834
179	3:45 AM	2,9266	3,0344	1,7956	10,093	9,798	9,595	4,774	4,889	4,71
180	3:50 AM	3,518	2,8836	1,7562	9,586	9,504	9,443	4,665	4,656	4,522
181	3:55 AM	2,7696	3,1432	1,6031	10,147	10,151	9,89	4,609	4,606	4,476
182	4:00 AM	2,6834	1,9577	1,8461	10,123	9,992	9,71	4,47	4,331	4,299
183	4:05 AM	2,5185	1,5984	1,5925	9,719	9,787	9,359	4,345	4,333	4,241
184	4:10 AM	2,033	1,2375	1,5711	9,947	9,749	9,462	4,228	4,256	4,065

185	4:15 AM	2,1305	0,9264	1,8086	8,166	8,515	7,813	4,827	4,991	4,917
186	4:20 AM	3,0419	3,308	1,6688	8,485	9,104	8,457	5,019	4,954	4,86
187	4:25 AM	5,724	3,557	3,169	9,896	10,091	9,506	5,029	4,917	4,79
188	4:30 AM	7,206	4,115	4,27	9,767	9,998	9,393	4,766	4,911	4,799
189	4:35 AM	2,7277	1,3565	1,7683	9,84	10,289	9,522	4,383	4,394	4,121
190	4:40 AM	2,2384	1,9619	1,7115	9,846	10,379	9,558	4,376	4,361	4,397
191	4:45 AM	2,9631	3,0493	1,6361	8,352	8,578	8,266	4,408	4,223	4,493
192	4:50 AM	2,846	3,228	1,5749	9,589	9,842	9,414	4,372	4,214	4,409
193	4:55 AM	3,0315	3,323	1,5779	9,571	10,149	9,673	4,444	4,392	4,124
194	5:00 AM	3,426	4,323	2,0282	10,489	11,032	10,458	4,429	4,259	4,201
195	5:05 AM	4,138	4,983	3,1396	10,443	11,001	10,419	4,669	4,585	4,514
196	5:10 AM	4,65	4,978	2,9506	9,709	9,894	9,476	5,105	5,072	5,045
197	5:15 AM	4,969	4,94	3,0427	8,946	9,194	8,24	5,101	5,089	5,094
198	5:20 AM	3,834	4,745	2,8796	10,12	10,125	9,704	5,22	5,412	4,957
199	5:25 AM	3,484	3,487	2,334	9,968	10,236	9,64	5,135	5,289	4,749
200	5:30 AM	3,684	4,123	2,616	9,544	9,917	9,458	4,884	4,551	4,563
201	5:35 AM	4,871	5,339	2,9107	9,169	9,573	9,191	4,629	4,388	4,364
202	5:40 AM	4,922	5,332	3,0139	9,098	9,368	8,664	4,556	4,354	4,389
203	5:45 AM	3,694	4,844	2,9063	8,44	8,511	8,107	4,123	3,907	4,147
204	5:50 AM	3,954	5,122	2,6361	8,471	8,581	7,985	4,351	4,41	4,529
205	5:55 AM	3,905	4,786	2,4274	8,282	8,782	8,2	4,793	4,788	4,545
206	6:00 AM	3,478	2,7969	2,1413	7,947	8,423	8,111	4,701	4,798	4,425
207	6:05 AM	3,273	2,8159	2,0116	7,947	8,325	7,99	4,574	4,357	4,1
208	6:10 AM	3,304	2,6604	2,0534	8,006	8,057	7,941	4,288	4,105	4,123
209	6:15 AM	2,9304	2,2222	2,887	7,818	7,856	7,693	4,377	4,195	4,154
210	6:20 AM	2,8248	2,6693	2,717	7,98	8,401	7,799	4,375	4,669	4,153
211	6:25 AM	2,8802	2,5186	2,3036	8,054	8,45	7,875	4,424	4,664	3,933
212	6:30 AM	3,0281	2,8022	1,9969	8,386	8,879	8,4	4,553	4,66	3,854
213	6:35 AM	3,6	4,286	2,0588	8,458	8,805	8,373	4,606	5,021	4,602
214	6:40 AM	3,6	3,907	1,8599	7,702	8,145	7,913	4,887	5,104	4,625
215	6:45 AM	5,233	2,6963	2,9222	7,24	7,534	7,147	5,014	5,114	4,558
216	6:50 AM	3,304	2,4143	2,7473	8,096	8,478	7,929	4,703	4,91	4,341
217	6:55 AM	2,9086	2,5425	2,9492	8,884	9,204	8,855	4,636	4,722	4,263
218	7:00 AM	2,8586	2,3651	2,8308	8,785	9,168	8,843	4,516	4,548	3,938
219	7:05 AM	2,8329	2,4844	2,5023	8,277	8,654	8,366	4,174	4,28	3,699
220	7:10 AM	2,365	2,2867	2,2897	8,249	8,716	8,167	4,191	4,256	3,863
221	7:15 AM	2,1519	1,1401	1,8018	8,222	8,614	8,134	3,932	3,845	3,608
222	7:20 AM	2,4321	1,2529	2,2127	9,136	9,431	9,248	3,914	3,665	3,482
223	7:25 AM	2,4001	1,5562	2,142	9,406	9,694	9,449	3,932	3,724	3,427
224	7:30 AM	3,0556	3,359	2,8439	9,013	9,385	9,154	3,901	3,814	3,427
225	7:35 AM	3,545	3,37	2,8891	9,142	9,03	8,907	3,894	3,752	3,921
226	7:40 AM	3,389	3,601	1,9143	9,168	9,164	8,867	3,905	3,636	4,002
227	7:45 AM	2,846	3,1534	2,0641	8,445	8,433	8,247	3,841	3,465	3,978
228	7:50 AM	3,378	3,752	2,2577	9,505	9,639	9,376	3,841	3,465	3,951
229	7:55 AM	3,1583	3,814	2,5803	9,455	9,6	9,292	3,562	3,471	3,699
230	8:00 AM	2,7543	3,135	1,8718	10,047	10,086	9,709	3,594	3,562	2,8266
231	8:05 AM	2,6347	2,6189	2,7535	10,057	10,186	9,686	4,09	3,468	3,393
232	8:10 AM	2,9151	2,5016	2,425	8,848	9,309	8,599	4,294	3,87	3,862
233	8:15 AM	2,6554	2,6524	2,2563	9,299	9,626	9,128	4,215	3,865	3,893
234	8:20 AM	2,5624	2,3112	3,1073	10,449	10,444	10,267	3,84	3,801	3,591
235	8:25 AM	2,6269	1,6698	3,0109	10,147	10,344	10,131	3,236	2,6294	2,7297
236	8:30 AM	2,7426	1,9157	3,172	9,989	10,178	9,729	3,348	2,7855	2,8343
237	8:35 AM	3,378	2,6489	2,9824	9,712	10,192	9,785	3,251	3,163	3,226
238	8:40 AM	3,778	3,27	2,7503	9,031	9,1	8,541	4,054	4,068	3,898
239	8:45 AM	3,735	4,239	2,7744	8,639	8,845	8,101	4,066	4,125	3,989
240	8:50 AM	3,864	4,168	3,0193	9,227	9,364	8,838	3,693	3,581	3,0358

## REGISTRO DE ARMÓNICOS DE VOLTAJE MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 2

ARMÓNICOS DE VOLTAJE POR FASE										
ORDEN		3°	3°	3°	5°	5°	5°	7°	7°	7°
FASE		A	B	C	A	B	C	A	B	C
N°	HORA	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	(V)
1	1:35 PM	7,492	9,69	10,754	26,476	23,814	24,941	10,172	7,829	8,019
2	1:40 PM	7,327	10,209	10,56	26,417	23,978	24,37	10,456	9,352	8,743
3	1:45 PM	6,913	10,209	10,323	27,685	25,614	25,794	10,935	11,293	9,8
4	1:50 PM	9,335	8,481	10,303	27,861	25,498	25,794	11,019	10,842	9,489
5	1:55 PM	9,335	9,782	9,868	26,61	24,173	24,955	9,983	9,126	7,98
6	2:00 PM	7,7	9,667	9,7	27,992	26,195	26,332	10,935	10,87	9,624
7	2:05 PM	7,459	9,55	9,364	27,992	26,396	26,688	10,9	10,751	9,305
8	2:10 PM	7,327	7,887	9,677	27,969	25,864	26,688	10,508	10,216	8,31

9	2:15 PM	7,068	7,887	9,792	28,347	25,85	27,064	10,492	9,442	8,229
10	2:20 PM	7,54	7,972	9,792	28,153	25,953	27,064	10,492	7,616	8,283
11	2:25 PM	7,223	7,972	9,792	26,028	24,478	25,676	9,392	6,052	8,202
12	2:30 PM	7,54	8,805	10,049	26,229	24,678	25,631	10,055	6,599	8,337
13	2:35 PM	7,223	8,769	11,084	26,61	24,368	25,535	9,983	7,734	8,202
14	2:40 PM	7,54	9,622	10,422	27,573	25,472	26,868	10,9	8,011	8,666
15	2:45 PM	7,492	9,698	9,792	27,983	26,301	27,793	12,138	9,416	11,702
16	2:50 PM	9,09	9,698	9,792	29,514	27,348	28,152	13,289	11,943	13,679
17	2:55 PM	8,726	9,622	9,56	29,514	27,242	28,178	13,563	12,289	14,031
18	3:00 PM	7,223	9,55	9,733	28,952	26,297	28,178	13,402	11,005	12,786
19	3:05 PM	6,913	9,599	9,733	30,679	27,996	29,743	15,268	13,787	15,7
20	3:10 PM	7,068	9,55	9,305	30,679	27,996	29,743	15,461	13,861	15,675
21	3:15 PM	7,003	9,37	9,364	29,91	27,831	29,326	15,004	13,895	16,618
22	3:35 PM	6,796	9,191	9,56	29,923	28,119	28,771	15,004	14,145	16,533
23	3:40 PM	6,729	8,834	9,56	28,37	26,602	27,295	12,385	10,274	12,131
24	3:45 PM	6,796	9,698	9,56	27,595	26,068	27,235	12,426	8,893	11,002
25	3:50 PM	6,613	9,37	9,425	27,969	26,396	27,785	12,246	8,724	11,002
26	3:55 PM	7,223	9,191	9,792	29,188	28,146	29,853	14,131	10,318	12,696
27	4:00 PM	7,223	9,004	9,677	29,553	28,52	29,946	14,172	10,695	13,097
28	4:05 PM	7,068	8,266	9,792	29,188	28,269	29,899	14,172	10,785	13,211
29	4:10 PM	6,913	8,266	9,677	26,819	25,303	27,039	12,138	7,357	8,921
30	4:15 PM	6,913	8,586	9,792	27,185	25,522	26,992	12,33	7,387	8,905
31	4:20 PM	6,87	8,646	9,862	26,991	25,367	26,808	11,81	8,076	9,449
32	4:25 PM	6,681	8,817	9,792	26,431	25,208	26,479	11,482	8,076	9,449
33	4:30 PM	6,729	8,836	9,868	26,603	25,126	26,212	11,427	7,195	9,036
34	4:35 PM	6,762	8,836	9,792	28,357	27,115	28,658	13,679	9,313	11,225
35	4:40 PM	6,681	8,836	10,476	28,352	27,085	28,771	13,153	9,12	11,092
36	4:45 PM	6,59	8,614	10,565	27,638	26,83	27,009	11,88	8,194	11,119
37	4:50 PM	6,87	8,927	10,303	27,42	26,687	27,009	11,88	8,969	11,489
38	4:55 PM	7,552	8,927	10,422	27,057	26,141	26,693	11,632	8,927	11,165
39	5:00 PM	7,419	9,296	10,226	26,09	24,248	25,733	10,684	7,13	9,354
40	5:05 PM	9,032	10,039	11,106	25,928	23,915	25,733	9,9	8,481	8,921
41	5:10 PM	9,032	10,808	11,084	24,54	22,622	23,58	9,392	8,623	9,003
42	5:15 PM	7,419	10,654	11,033	26,423	25,208	25,337	10,983	9,298	11,126
43	5:20 PM	8,31	10,739	11,166	28,561	27,649	28,771	10,55	8,969	10,762
44	5:25 PM	8,31	10,745	11,436	28,561	27,769	28,828	10,281	8,559	10,474
45	5:30 PM	8,129	11,379	11,516	28,442	27,894	27,861	10,281	8,689	9,914
46	5:35 PM	8,237	11,379	11,436	28,266	27,769	28,042	10,246	8,724	10,013
47	5:40 PM	7,836	9,667	11,436	28,952	28,172	29,009	12,077	11,679	14,089
48	5:45 PM	8,256	10,998	11,251	28,971	28,323	29,072	12,094	11,679	13,859
49	5:50 PM	8,256	11,32	11,359	28,025	27,479	28,706	11,321	10,835	13,16
50	5:55 PM	8,256	10,618	11,436	27,216	26,692	27,386	11,288	10,785	13,011
51	6:00 PM	9,561	10,998	11,436	26,805	26,453	26,666	9,97	8,902	9,953
52	6:05 PM	9,985	10,412	11,464	25,524	25,036	25,584	9,825	9,126	10,154
53	6:10 PM	9,9	11,379	11,285	25,065	24,955	25,584	8,872	8,481	9,289
54	6:15 PM	9,065	11,073	11,004	25,509	24,883	24,729	7,817	7,387	8,568
55	6:20 PM	8,855	10,506	11,774	25,896	24,401	24,848	7,661	7,851	8,936
56	6:25 PM	9,335	12,902	11,772	26,104	24,76	24,914	7,96	7,098	8,568
57	6:30 PM	9,281	12,501	11,425	24,476	22,683	23,305	10,104	10,519	9,914
58	6:35 PM	8,976	12,387	11,341	25,267	23,54	24,871	10,104	10,514	9,878
59	6:40 PM	8,825	11,273	10,853	23,496	21,771	22,167	10,135	10,95	9,575
60	6:45 PM	8,804	11,273	11,084	23,302	21,822	22,167	10,081	11,69	9,763
61	6:50 PM	9,065	10,896	10,572	22,552	20,989	21,118	9,23	11,943	9,036
62	6:55 PM	8,804	10,412	10,827	23,7	21,891	22,362	9,159	11,805	9,036
63	7:00 PM	8,552	10,751	11,084	23,69	22,206	22,718	8,164	10,991	8,149
64	7:05 PM	10,599	12,111	11,09	23,69	22,206	22,57	8,164	9,36	7,98
65	7:10 PM	10,259	11,497	11,144	21,389	20	21,348	6,321	7,098	5,908
66	7:15 PM	9,098	11,78	11,213	21,555	20,185	21,237	6,216	7,195	5,908
67	7:20 PM	9,335	11,425	11,004	21,371	19,958	21,544	5,467	8,076	5,908
68	7:25 PM	11,963	10,456	11,436	20,775	19,568	20,128	5,471	8,221	6,205
69	7:30 PM	13,112	9,622	11,359	19,865	20,654	21,71	5,398	5,577	8,165
70	7:35 PM	13,024	11,69	11,697	19,899	20,726	21,638	5,519	5,259	8,165
71	7:40 PM	14,837	10,216	10,782	20,226	21,038	21,875	5,282	5,748	6,241
72	7:45 PM	19,651	11,24	10,049	20,194	20,596	22,399	5,063	5,202	6,301
73	7:50 PM	13,524	8,646	10,16	19,706	20,351	22,209	5,408	5,495	6,241
74	7:55 PM	12,678	8,754	10,16	18,267	19,518	21,411	5,981	4,849	4,518
75	8:00 PM	13,729	9,312	10,049	17,9	19,568	21,32	6,36	5,075	4,661
76	8:05 PM	13,729	7,08	10,049	18,354	18,516	20,471	6,938	5,748	5,193
77	8:10 PM	13,586	7,733	9,998	18,288	18,92	20,747	6,881	6,734	5,921
78	8:15 PM	12,131	8,481	9,951	18,643	19,474	20,747	7,16	6,767	5,921
79	8:20 PM	12,109	8,622	6,659	18,655	19,842	18,242	6,881	5,89	4,787
80	8:25 PM	12,193	8,221	6,978	18,655	19,961	19,046	6,216	5,577	4,787
81	8:30 PM	13,39	7,428	6,978	18,51	19,876	19,283	5,876	5,748	5,047
82	8:35 PM	13,39	7,193	6,771	18,836	19,737	19,277	5,56	5,8	5,091
83	8:40 PM	12,642	8,614	7,78	18,16	19,645	21,545	5,94	5,577	6,583
84	8:45 PM	12,642	8,622	9,8	18,16	19,416	21,592	6,028	5,495	6,592
85	8:50 PM	12,738	8,481	9,868	18,141	18,983	21,483	6,081	5,89	6,682

86	8:55 PM	13,92	7,58	9,868	18,013	19,358	21,896	5,45	5,62	6,978
87	9:00 PM	13,953	7,193	9,868	18,206	19,385	22,279	5,94	5,62	6,978
88	9:05 PM	14,019	7,193	10,182	18,013	19,568	21,954	6,404	5,748	6,978
89	9:10 PM	13,92	7,58	9,908	17,582	18,342	20,952	5,282	4,595	4,787
90	9:15 PM	12,432	7,936	9,678	17,686	17,913	20,371	4,803	3,943	4,53
91	9:20 PM	12,738	7,891	9,677	17,156	17,589	20,045	4,724	3,304	4,677
92	9:25 PM	12,678	7,889	9,811	17,096	17,746	20,371	4,151	3,442	4,413
93	9:30 PM	12,978	7,296	9,579	17,104	17,712	20,42	4,803	3,287	4,349
94	9:35 PM	12,978	7,4	9,489	17,864	18,343	21,33	5,841	5,104	4,114
95	9:40 PM	13,164	7,296	9,868	17,668	18,178	20,762	5,94	4,952	4,349
96	9:45 PM	12,978	7,508	9,489	17,543	18,779	21,266	6,225	4,704	5,715
97	9:50 PM	13,164	7,296	9,53	17,513	18,347	21,256	6,225	4,464	5,501
98	9:55 PM	14,451	7,4	9,451	17,686	18,232	21,293	5,773	5,202	4,468
99	10:00 PM	14,451	7,461	9,8	16,963	18,196	20,692	5,734	5,893	5,193
100	10:05 PM	14,654	7,597	9,868	17,02	17,791	20,534	5,56	4,271	5,047
101	10:10 PM	14,818	7,726	9,8	16,932	17,053	19,65	5,56	2,9449	4,349
102	10:15 PM	13,282	6,8	9,8	16,793	16,948	19,353	5,395	2,9449	3,895
103	10:20 PM	13,352	6,485	9,451	16,319	16,632	19,622	4,912	2,4759	3,532
104	10:25 PM	13,352	6,608	9,362	16,383	16,251	19,217	4,854	2,8742	3,244
105	10:30 PM	13,282	6,613	9,11	17,672	17,712	20,762	5,75	3,304	4,327
106	10:35 PM	13,282	7,175	9,489	17,967	18,239	21,116	7	4,952	6,682
107	10:40 PM	13,048	7,224	9,575	17,821	18,038	20,87	7,368	5,042	6,76
108	10:45 PM	12,978	7,224	9,489	17,947	18,178	20,948	6,781	4,845	6,384
109	10:50 PM	13,524	7,597	9,575	17,864	18,097	21,218	5,841	4,323	5,265
110	10:55 PM	14,984	7,55	9,575	18,013	17,401	20,504	5,828	4,672	5,8
111	11:00 PM	15,086	7,508	9,677	18,896	18,793	21,32	5,495	4,74	5,692
112	11:05 PM	14,757	7,508	9,868	19,477	19,842	22,032	6,636	4,183	5,857
113	11:10 PM	13,403	7,55	10,328	19,634	20,215	22,767	6,14	4,323	5,731
114	11:15 PM	13,797	7,972	10,235	19,808	20,109	22,652	6,14	4,509	5,921
115	11:20 PM	13,773	8,077	9,8	19,865	20,3	22,718	4,258	2,9577	3,553
116	11:25 PM	13,479	8,266	9,832	20,866	21,355	24,33	3,729	3,501	3,87
117	11:30 PM	13,524	8,077	9,8	21,337	22,427	24,823	3,34	4,849	4,413
118	11:35 PM	13,457	7,927	9,868	21,36	22,775	24,879	3,58	5,386	4,787
119	11:40 PM	13,403	7,697	9,951	21,401	22,775	24,924	4,096	4,956	4,677
120	11:45 PM	13,323	7,738	9,951	21,914	22,974	25,584	3,202	4,672	4,413
121	11:50 PM	13,524	8,077	9,908	21,077	22,149	24,633	3,318	4,165	4,027
122	11:55 PM	13,479	8,011	9,951	21,077	21,758	24,519	2,8003	4,165	3,985
123	12:00 AM	13,129	7,972	10,422	21,145	21,881	24,823	2,9124	4,258	3,832
124	12:05 AM	14,654	7,887	9,951	21,197	22,982	25,359	2,3698	5,086	4,85
125	12:10 AM	14,69	7,597	10,264	21,145	23,124	25,426	3,998	5,427	5,265
126	12:15 AM	13,191	7,887	10,093	21,961	22,378	25,547	4,2	3,828	3,569
127	12:20 AM	13,225	7,887	10,093	21,759	22,163	25,443	4,2	4,271	5,047
128	12:25 AM	13,191	7,697	9,878	21,371	21,809	24,98	3,58	4,271	5,193
129	12:30 AM	12,932	7,972	10,286	20,584	20,953	24,564	5,491	4,271	5,265
130	12:35 AM	12,932	9,266	10,286	19,225	19,531	22,587	4,95	4,409	5,391
131	12:40 AM	13,18	9,845	10,071	18,784	19,198	21,71	5,082	4,078	5,391
132	12:45 AM	12,908	9,444	10,071	20,672	21,56	23,766	4,676	4,258	5,265
133	12:50 AM	12,432	9,37	10,093	20,672	21,771	24,182	4,807	3,886	4,896
134	12:55 AM	12,383	7,927	10,458	21,583	23,54	26,48	4,054	5,03	5,339
135	1:00 AM	13,92	7,927	10,093	21,722	23,794	26,48	3,318	5,086	5,339
136	1:05 AM	13,852	7,887	10,071	22,358	24,91	27,753	3,77	5,813	7,137
137	1:10 AM	13,789	8,76	10,13	22,623	25,126	27,701	3,5	5,851	7,265
138	1:15 AM	13,049	8,927	10,257	21,759	23,616	26,22	3,202	5,469	6,659
139	1:20 AM	12,932	9,052	10,093	24,557	26,513	28,96	5,063	7,219	8,921
140	1:25 AM	12,769	8,622	10,323	24,54	26,843	29,568	4,865	7,734	9,583
141	1:30 AM	12,53	6,941	10,286	22,913	24,566	26,807	4,002	6,235	7,942
142	1:35 AM	12,359	7,13	10,495	21,753	22,748	25,257	4,428	4,409	4,169
143	1:40 AM	12,804	9,052	10,495	22,165	23,814	26,193	4,529	4,676	3,985
144	1:45 AM	12,804	9,171	10,071	22,341	23,814	26,662	4,289	4,704	6,074
145	1:50 AM	13,049	8,927	10,286	22,735	25,036	28,04	3,96	6,576	8,597
146	1:55 AM	13,852	8,927	10,323	23,312	25,988	29,07	4,272	6,767	8,752
147	2:00 AM	14,119	7,247	10,651	22,218	24,76	27,457	3,58	5,206	6,892
148	2:05 AM	13,92	7,13	10,707	22,382	24,581	27,249	4,2	5,042	6,548
149	2:10 AM	13,752	8,76	10,688	20,672	22,736	24,98	4,2	4,078	4,187
150	2:15 AM	12,642	9,052	10,515	23,379	25,547	28,319	3,709	4,849	6,817
151	2:20 AM	12,678	8,987	10,467	23,435	25,547	28,319	3,75	5,427	6,978
152	2:25 AM	12,432	8,69	10,467	22,735	24,934	27,373	4,865	6,753	8,283
153	2:30 AM	12,978	7,387	12,424	24,153	25,686	27,938	5,159	6,712	8,168
154	2:35 AM	12,769	8,769	12,796	24,035	25,997	28,152	5,59	5,372	5,754
155	2:40 AM	12,978	9,161	10,672	24,228	25,997	27,419	6,14	5,748	5,032
156	2:45 AM	12,555	8,69	10,458	22,854	23,617	25,159	5,94	5,748	4,725
157	2:50 AM	13,032	9,296	11,842	21,195	22,468	24,924	5,408	4,409	5,586
158	2:55 AM	13,373	9,242	11,418	23,716	25,303	28,01	5,228	5,06	7,013
159	3:00 AM	13,419	7,887	11,232	23,707	25,639	28,171	4,393	5,469	7,395
160	3:05 AM	13,729	7,793	11,031	23,311	25,134	27,751	4,912	5,413	7,41
161	3:10 AM	13,546	7,697	11,612	22,349	23,38	26,242	5,282	6,015	5,542
162	3:15 AM	12,359	9,544	10,093	18,773	18,865	20,844	5,763	7,132	6,848



163	3:20 AM	12,5	10,504	11,418	20,252	20,406	23,381	5,927	6,971	6,848
164	3:25 AM	13,225	9,48	11,038	21,197	21,32	24,113	5,773	6,377	6,892
165	3:30 AM	12,094	8,509	9,878	23,134	24,826	27,631	3,902	5,427	7,395
166	3:35 AM	11,835	7,13	10,257	24,103	26,611	29,264	5,063	8,347	10,093
167	3:40 AM	11,835	7,962	9,918	24,706	27,148	29,912	5,063	7,971	10,038
168	3:45 AM	12,039	7,993	9,9	24,078	25,966	28,635	5,59	6,841	7,802
169	3:50 AM	11,886	8,058	9,9	23,049	24,474	27,108	4,2	6,235	6,848
170	3:55 AM	11,805	9,822	10,093	23,071	24,482	27,108	4,428	6,141	6,433
171	4:00 AM	11,677	9,817	10,08	22,256	23,866	25,535	4,692	4,72	5,047
172	4:05 AM	12,359	9,434	10,286	21,833	24,042	27,899	4,992	6,003	8,229
173	4:10 AM	12,082	10,456	9,9	21,832	24,225	28,39	4,054	5,89	7,741
174	4:15 AM	11,886	10,055	9,9	22,165	24,559	27,558	4,128	6,608	8,489
175	4:20 AM	12,094	9,904	9,9	22,147	24,173	27,489	3,709	6,377	8,905
176	4:25 AM	12,131	10,209	9,746	20,584	21,962	25,631	3,0327	4,097	5,754
177	4:30 AM	12,601	11,24	11,831	22,685	23,49	27,426	3,231	5,445	7,98
178	4:35 AM	12,804	11,632	11,67	22,746	23,281	26,872	3,306	5,536	8,337
179	4:40 AM	12,383	8,826	10,865	22,237	22,284	26,053	3,318	5,259	8,234
180	4:45 AM	12,094	10,048	11,812	21,414	22,327	26,155	3,391	5,206	7,106
181	4:50 AM	13,319	9,881	11,058	23,302	23,978	27,318	4,428	6,485	7,538
182	4:55 AM	11,584	8,302	10,651	22,924	23,442	26,755	4,276	6,436	7,683
183	5:00 AM	11,81	7,705	10,093	23,071	23,886	26,752	5,654	6,342	6,62
184	5:05 AM	12,738	7,705	10,323	23,222	23,886	26,688	5,654	6,585	6,488
185	5:10 AM	11,546	7,765	10,479	20,752	20,614	23,34	5,56	5,445	8,407
186	5:15 AM	11,81	9,444	10,13	19,838	21,32	24,79	4,428	3,565	5,109
187	5:20 AM	12,193	12,194	13,359	22,525	23,626	26,479	4,182	6,984	8,229
188	5:25 AM	13,254	13,539	12,005	22,165	23,201	26,417	4,182	7,003	8,438
189	5:30 AM	11,69	8,423	10,479	22,137	23,981	27,044	4,342	6,114	7,303
190	5:35 AM	11,584	7,887	10,865	21,565	23,825	27,044	4,865	6,187	6,978
191	5:40 AM	11,81	9,345	10,479	20,046	20,77	23,847	5,126	4,833	3,532
192	5:45 AM	11,983	9,55	10,13	21,414	22,827	26,38	4,342	6,753	7,528
193	5:50 AM	12,085	9,876	10,13	21,759	23,38	27,793	4,529	7,098	7,942
194	5:55 AM	12,131	10,093	10,9	23,328	25,311	29,998	4,728	6,608	7,303
195	6:00 AM	13,254	11,912	13,251	23,134	25,096	29,766	4,428	6,917	7,515
196	6:05 AM	13,419	11,703	13,363	21,947	23,165	26,834	4,128	6,068	6,34
197	6:10 AM	12,822	12,289	13,569	20,712	21,633	24,617	3,324	5,027	6,978
198	6:15 AM	12,978	11,16	12,4	21,529	22,696	27,194	3,902	8,347	10,49
199	6:20 AM	12,738	9,928	10,651	21,555	22,974	26,459	4,311	8,305	10,529
200	6:25 AM	12,063	9,566	13,183	21,746	22,827	26,503	4,393	6,247	7,045
201	6:30 AM	13,463	11,273	12,44	21,365	22,405	26,429	5,107	5,713	6,433
202	6:35 AM	13,586	11,372	12,41	21,058	22,313	25,733	5,141	5,372	6,059
203	6:40 AM	12,505	9,667	11,742	21,059	20,465	23,662	5,141	4,783	3,505
204	6:45 AM	11,886	10,172	11,418	20,286	20,245	23,933	5,063	4,704	3,569
205	6:50 AM	12,642	9,845	12,392	19,42	20,153	23,072	4,545	4,526	4,725
206	6:55 AM	12,131	8,913	12,206	19,229	19,705	22,652	4,74	4,656	4,957
207	7:00 AM	11,835	8,329	11,477	19,431	19,507	22,652	4,76	4,656	4,957
208	7:05 AM	11,983	7,889	10,9	19,728	19,32	22,523	4,728	4,783	4,53
209	7:10 AM	12,505	8,969	10,328	19,063	18,9	21,665	4,803	4,783	4,725
210	7:15 AM	12,547	8,724	10,865	18,675	19,992	21,298	5,773	6,585	8,373
211	7:20 AM	10,889	10,393	10,182	19,42	19,876	21,32	6,601	7,887	10,565

## REGISTRO DE ARMÓNICOS DE CORRIENTE MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 2

ARMÓNICOS DE CORRIENTE POR FASE										
ORDEN	3°	3°	3°	5°	5°	5°	7°	7°	7°	
FASE	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
N°	HORA	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	
1	1:35 PM	5,423	4,727	3,926	3,109	3,336	3,163	3,686	3,197	3,884
2	1:40 PM	4,068	5,198	4,27	3,332	3,43	3,393	3,594	3,208	3,978
3	1:45 PM	4,749	4,583	3,521	3,455	3,38	3,399	3,723	3,0568	3,704
4	1:50 PM	4,039	4,133	3,606	2,8824	2,6994	2,9244	3,1521	2,9279	3,453
5	1:55 PM	3,0566	3,939	3,627	2,8619	2,8266	2,9244	3,932	2,9169	3,468
6	2:00 PM	3,1583	3,77	3,572	2,8352	2,6914	2,7805	3,632	2,949	3,476
7	2:05 PM	3,337	3,697	3,255	3,571	3,494	3,41	3,478	3,601	4,163
8	2:10 PM	3,314	3,818	3,301	3,1497	3,467	3,488	3,739	3,669	4,163
9	2:15 PM	3,294	3,806	3,352	3,647	2,8925	3,0845	3,337	3,284	3,677
10	2:20 PM	3,436	4,217	3,66	2,9846	2,6707	2,577	3,378	3,219	3,597
11	2:25 PM	3,401	4,377	3,789	2,6958	2,9917	2,8958	3,465	3,1534	3,534
12	2:30 PM	3,283	3,893	3,217	3,195	2,6994	2,8803	3,575	2,9425	3,217
13	2:35 PM	3,296	3,777	3,309	3,283	2,9541	2,9651	3,193	3,0519	3,558
14	2:40 PM	2,9061	3,632	2,7566	2,7764	2,9859	3,0644	3,473	3,0462	3,522

15	2:45 PM	3,166	3,638	2,9163	2,6307	2,4224	2,5394	3,238	2,9665	3,414
16	2:50 PM	3,217	2,6715	2,7379	2,7345	2,5016	2,5123	3,524	2,7568	3,218
17	2:55 PM	3,1522	4,044	3,558	2,9266	2,5016	2,5794	3,1028	2,8837	3,166
18	3:00 PM	2,8913	3,955	3,809	2,5176	2,6221	2,6683	3,1221	2,8152	3,191
19	3:05 PM	3,0217	3,886	3,164	2,8706	3,0519	2,7129	3,426	3,578	3,648
20	3:10 PM	3,283	3,305	2,5695	2,7618	3,0653	2,8564	3,832	3,543	3,598
21	3:15 PM	2,8171	3,824	3,0532	2,5056	2,4462	2,5762	3,508	3,346	3,554
22	3:35 PM	4,066	4,847	3,546	3,22	3,1378	3,41	3,702	3,467	3,72
23	3:40 PM	3,987	4,54	3,423	3,0167	3,1041	3,302	3,251	3,192	3,746
24	3:45 PM	2,798	4,256	3,0194	2,8705	2,9916	3,0193	2,9304	2,5667	2,9039
25	3:50 PM	2,6517	3,889	3,0846	2,851	3,176	3,249	2,8705	2,6994	3,278
26	3:55 PM	2,6469	2,5425	2,1767	2,906	3,274	3,249	2,8682	2,8425	3,315
27	4:00 PM	2,5176	2,5499	2,0679	2,7485	2,8815	2,9571	2,8193	2,734	3,291
28	4:05 PM	2,8913	4,178	3,366	2,3884	2,5467	2,7597	2,7329	2,6319	3,1012
29	4:10 PM	2,8509	4,223	3,44	2,3054	2,1154	2,4301	2,6209	2,622	2,9651
30	4:15 PM	2,761	4,091	2,7743	2,1125	2,6706	2,7214	2,6054	2,6481	2,9651
31	4:20 PM	2,7865	3,1041	2,3803	2,3723	2,8425	2,6157	2,5454	2,3606	2,799
32	4:25 PM	2,9267	4,705	3,903	2,5889	3,239	3,0483	2,7765	2,3579	2,7744
33	4:30 PM	2,9802	4,761	3,873	2,811	3,224	2,9039	2,6349	2,2915	2,6835
34	4:35 PM	3,0807	4,65	3,599	2,3704	2,816	2,7936	2,3193	2,1316	2,4044
35	4:40 PM	2,7764	4,217	3,72	2,2403	2,5825	2,3982	2,3016	2,1595	2,2127
36	4:45 PM	2,8255	4,217	3,72	2,4134	2,6963	2,5259	2,3596	2,1949	2,2502
37	4:50 PM	2,5889	2,9577	2,5794	2,5414	2,9916	2,7713	2,6502	2,3894	2,4986
38	4:55 PM	3,0556	3,1433	2,7215	2,621	3,0456	2,8661	2,5556	2,2868	2,4615
39	5:00 PM	3,348	4,541	3,846	2,3595	2,8985	2,6483	2,5714	2,3249	2,4511
40	5:05 PM	3,484	4,714	4,012	1,9806	2,284	2,3368	2,3569	2,1949	2,2502
41	5:10 PM	3,1419	4,515	3,849	1,9936	2,2801	2,3686	2,2594	2,2868	2,3578
42	5:15 PM	3,249	3,167	2,8293	2,0982	2,1675	2,2586	2,3569	2,1764	2,2234
43	5:20 PM	3,209	3,221	2,8149	2,5006	2,59	2,577	2,817	2,5466	2,6481
44	5:25 PM	3,1007	3,1234	2,7589	2,3568	2,7129	2,7589	2,7734	2,5466	2,6842
45	5:30 PM	3,1473	5,002	4,258	2,761	2,8985	2,7589	2,7734	2,6204	2,6882
46	5:35 PM	3,296	4,95	4,269	2,6469	2,8985	2,7589	2,6694	2,6706	2,7805
47	5:40 PM	3,1439	4,871	3,878	2,621	2,8985	2,8294	2,6176	2,4144	2,4485
48	5:45 PM	3,1522	4,829	3,885	2,638	2,8598	2,8802	2,8794	2,4679	2,6157
49	5:50 PM	3,278	4,963	4,073	2,7485	2,8718	2,983	2,8209	2,5289	2,577
50	5:55 PM	3,36	4,91	4,236	2,761	3,0038	3,193	3,0216	2,5016	2,9651
51	6:00 PM	3,1522	4,73	3,44	3,1583	3,479	3,537	3,0869	2,622	3,0866
52	6:05 PM	2,9061	3,0541	2,8172	3,209	3,366	3,391	3,0259	2,8635	3,218
53	6:10 PM	2,8825	3,1234	2,8172	3,454	3,526	3,534	3,172	2,9169	3,301
54	6:15 PM	2,8623	3,179	2,6264	3,469	3,551	3,537	3,56	3,1426	3,82
55	6:20 PM	2,9709	3,167	2,636	3,184	3,494	3,558	3,643	3,1432	3,871
56	6:25 PM	3,296	5,013	3,885	3,209	3,445	3,423	3,429	3,1432	3,793
57	6:30 PM	3,403	5,063	4,258	2,7864	3,338	3,1395	3,398	3,0371	3,737
58	6:35 PM	3,0449	4,73	3,937	2,7956	3,239	3,0532	3,257	2,9073	3,482
59	6:40 PM	3,282	4,795	3,913	2,5006	3,0456	2,988	3,337	3,0371	3,522
60	6:45 PM	2,8913	4,552	3,468	2,8914	3,0652	3,042	3,559	3,0293	3,558
61	6:50 PM	2,953	3,0208	2,5762	2,8824	2,8985	2,9824	3,337	3,1021	3,702
62	6:55 PM	2,9061	3,0541	2,6034	3,0785	3,0882	3,591	3,233	3,251	3,954
63	7:00 PM	3,406	4,977	4,284	3,0868	3,382	3,718	3,455	3,225	3,862
64	7:05 PM	3,1522	4,963	4,203	3,416	3,918	3,718	3,671	3,219	3,937
65	7:10 PM	2,898	4,795	3,599	3,311	3,982	3,802	3,651	3,284	3,923
66	7:15 PM	2,9061	4,46	3,553	3,337	3,706	3,924	3,365	3,326	4,029
67	7:20 PM	2,8148	2,7349	2,3442	3,849	4,252	4,073	3,651	3,704	4,281
68	7:25 PM	2,7764	2,8022	2,311	3,594	4,15	4,122	3,629	3,63	4,244
69	7:30 PM	4,805	5,072	4,462	3,53	3,906	3,718	3,294	3,176	3,634
70	7:35 PM	3,688	5,317	5,25	3,398	3,883	3,704	3,484	3,427	3,813
71	7:40 PM	3,637	5,133	3,775	3,273	4,078	3,617	3,529	3,435	3,813
72	7:45 PM	3,303	5,233	3,62	3,57	4,208	3,793	3,454	3,415	3,741
73	7:50 PM	3,271	3,538	2,5268	3,776	4,013	3,802	3,26	3,407	3,704
74	7:55 PM	3,1413	4,847	3,991	3,0147	3,467	3,334	3,1311	3,082	3,453
75	8:00 PM	3,209	4,95	3,998	3,0529	3,734	3,558	3,1588	2,8785	3,309
76	8:05 PM	3,1126	4,589	3,27	2,9529	3,933	3,634	3,0506	2,8364	3,23
77	8:10 PM	4,908	4,644	3,952	2,6833	3,281	3,301	2,8928	2,734	3,042
78	8:15 PM	5,398	4,46	4,531	2,5556	3,437	3,206	2,4444	2,5726	2,6619
79	8:20 PM	4,467	4,871	4,529	3,0216	3,853	3,334	2,598	2,6392	2,7473
80	8:25 PM	4,728	4,806	4,607	2,649	3,906	3,453	2,6228	2,6842	2,7589
81	8:30 PM	4,595	4,766	3,846	2,4438	3,1453	2,8684	2,5413	2,5289	2,6034
82	8:35 PM	4,885	4,583	3,534	2,634	3,1425	2,9039	2,3253	2,5186	2,6481
83	8:40 PM	6,465	4,284	4,753	2,2829	3,167	2,9571	2,2337	2,2413	2,3396
84	8:45 PM	3,455	3,889	3,293	2,4027	3,102	2,9744	2,2062	2,2868	2,2812
85	8:50 PM	4,961	3,797	3,813	2,7219	3,427	3,249	2,3414	2,3894	2,5795
86	8:55 PM	4,126	4,192	3,41	2,5619	3,538	3,301	2,4876	2,4462	2,5795
87	9:00 PM	3,83	3,773	2,5637	2,526	3,284	3,231	2,4062	2,4144	2,5935

88	9:05 PM	5,347	4,12	4,314	2,5815	3,427	3,356	2,4599	2,4144	2,5156
89	9:10 PM	4,613	4,439	3,775	2,4988	3,313	3,247	2,6219	2,6994	2,9046
90	9:15 PM	3,311	3,1534	3,0194	2,802	3,526	3,342	2,6903	2,734	2,8712
91	9:20 PM	3,34	3,234	2,7935	2,8459	3,509	3,375	2,7236	2,8267	2,988
92	9:25 PM	3,394	3,824	2,3578	2,8997	3,622	3,253	2,8147	2,8267	2,988
93	9:30 PM	3,233	3,338	2,3578	2,875	3,595	3,1197	2,8227	2,5298	2,6619
94	9:35 PM	3,34	3,487	2,7712	2,9407	3,349	3,1067	3,1257	2,6392	2,6481
95	9:40 PM	3,352	3,274	2,3174	3,166	3,48	3,193	3,089	2,6994	2,8089
96	9:45 PM	3,606	4,03	2,3803	3,352	4,07	3,926	3,1466	2,9664	3,194
97	9:50 PM	3,922	3,906	2,4625	3,687	3,817	3,802	3,174	2,9425	3,27
98	9:55 PM	2,9412	3,1433	1,9232	3,542	3,399	3,334	3,0824	2,9664	3,185
99	10:00 PM	2,9905	2,6722	1,6748	3,1609	3,315	3,1067	3,196	2,59	2,7712
100	10:05 PM	2,8412	3,959	2,7658	2,8315	2,9169	2,7589	3,1332	2,7041	2,7254
101	10:10 PM	3,1522	4,376	3,358	2,7355	2,928	2,6931	3,403	2,8985	2,9281
102	10:15 PM	3,674	4,295	3,182	2,5049	3,366	2,9651	3,177	2,8985	2,9245
103	10:20 PM	2,8891	3,991	2,1924	2,2473	3,274	3,023	3,188	2,5534	2,7712
104	10:25 PM	2,9604	4,032	2,7496	2,3193	2,763	2,7034	2,6834	2,6089	2,7712
105	10:30 PM	3,1304	4,11	3,0783	2,6575	2,5016	2,6392	2,9457	2,4462	2,4301
106	10:35 PM	3,436	4,223	3,0335	2,899	2,2375	2,7316	2,5203	2,5186	2,1738
107	10:40 PM	3,436	4,335	3,182	2,4027	2,7529	2,5504	3,0555	2,5016	2,2367
108	10:45 PM	3,257	3,937	2,8232	2,3595	2,7692	2,6157	3,1466	2,5726	2,5123
109	10:50 PM	2,9297	4,286	3,0258	2,593	3,789	3,193	3,378	2,9542	2,8081
110	10:55 PM	2,6982	4,426	3,293	2,8505	3,878	3,27	3,28	2,9542	2,8773
111	11:00 PM	2,7329	3,928	2,3578	2,6633	3,186	2,983	2,8682	2,5263	2,7496
112	11:05 PM	2,7525	4,008	2,6843	2,6469	2,8985	3,1011	3,892	2,6867	2,9135
113	11:10 PM	3,455	4,078	2,9039	2,4284	2,816	3,0532	3,28	2,6867	2,839
114	11:15 PM	3,0673	4,422	3,348	2,0869	2,7992	2,503	3,455	2,5667	2,7496
115	11:20 PM	2,9214	4,359	3,0532	3,272	4,184	3,766	3,823	3,068	3,403
116	11:25 PM	2,5889	3,889	2,157	3,41	4,231	3,952	3,288	3,0265	3,401
117	11:30 PM	3,0443	4,217	2,9039	2,7306	3,526	3,163	3,722	2,6513	3,0109
118	11:35 PM	2,6501	4,11	2,7473	2,7306	3,526	3,1011	3,695	2,8122	3,1416
119	11:40 PM	3,0443	4,286	2,7658	2,6903	3,652	3,042	3,796	2,7528	2,875
120	11:45 PM	3,219	4,505	3,182	1,938	2,7745	2,5233	2,9538	2,6513	2,9391
121	11:50 PM	3,187	4,475	2,9244	2,2473	3,082	2,4328	2,9266	2,7746	2,833
122	11:55 PM	2,8705	4,217	2,9543	2,2289	3,0117	2,503	3,218	2,7992	2,7496
123	12:00 AM	2,7329	4,034	3,1087	2,1989	2,4365	2,232	3,0947	2,8205	2,839
124	12:05 AM	2,8192	4,152	2,7743	2,7764	3,148	2,7713	2,9863	2,9279	3,0533
125	12:10 AM	2,7305	4,042	2,7743	3,177	3,543	3,22	3,343	3,234	3,558
126	12:15 AM	2,5657	4,085	3,1177	3,177	3,572	3,311	3,491	3,221	3,433
127	12:20 AM	2,9412	3,865	2,7743	3,1172	3,918	3,455	3,542	2,9073	3,0258
128	12:25 AM	3,5	3,708	2,2272	3,251	3,994	3,424	3,588	2,8748	3,0194
129	12:30 AM	2,6703	3,874	2,7743	3,22	3,595	3,1197	3,515	2,8327	3,0194
130	12:35 AM	3,587	3,898	2,6288	3,1007	2,816	2,6157	2,817	2,5153	2,7958
131	12:40 AM	3,0869	4,326	3,0335	2,268	2,816	2,7744	2,7812	2,4514	2,645
132	12:45 AM	2,6079	4,323	3,0846	2,5006	2,7529	2,1737	2,8232	2,4913	2,5762
133	12:50 AM	2,6982	3,876	2,4754	1,9206	2,1615	2,118	2,6574	2,4144	2,3139
134	12:55 AM	2,7243	3,773	2,3767	2,2519	2,0328	2,4433	2,6969	2,5833	2,4581
135	1:00 AM	2,9518	2,3605	1,8181	2,2365	2,7622	3,0088	3,378	2,5534	2,8233
136	1:05 AM	3,233	2,1684	1,5598	2,3641	2,928	3,0532	3,478	2,5792	2,7596
137	1:10 AM	2,7525	2,2259	1,6748	2,621	2,8925	2,8802	3,1339	2,5186	2,7309
138	1:15 AM	2,8972	4,112	3,0109	3,0358	3,164	3,163	3,0869	2,4601	2,4511
139	1:20 AM	2,8352	4,275	3,0783	2,6608	2,648	2,5894	3,378	2,5289	2,3866
140	1:25 AM	2,7525	4,324	2,8803	2,4732	2,5667	2,5696	3,292	2,4705	2,4883
141	1:30 AM	3,0079	4,289	2,7743	2,5684	2,6995	2,5795	3,0765	2,7286	2,9823
142	1:35 AM	2,9061	4,51	3,237	2,6177	3,0687	3,0145	3,288	2,7528	2,9507
143	1:40 AM	3,0841	4,452	3,228	2,6982	2,9859	2,9824	3,72	2,6513	2,7589
144	1:45 AM	2,683	3,851	2,6843	2,3178	2,9074	2,8684	3,249	2,622	2,6059
145	1:50 AM	2,5279	3,887	2,7589	2,1306	2,3895	2,4115	2,9594	2,6319	2,5029
146	1:55 AM	2,9412	4,178	2,9244	2,4833	2,8836	3,1565	3,166	2,6513	2,8891
147	2:00 AM	2,9718	4,308	3,065	2,4833	2,8836	3,1497	3,0506	2,734	2,8803
148	2:05 AM	2,9285	4,275	3,1395	3,195	3,687	3,57	3,0506	2,763	3,0109
149	2:10 AM	2,9802	4,217	3,207	3,524	3,584	3,601	3,1583	2,8425	3,0145
150	2:15 AM	2,8772	4,008	2,9456	2,8231	2,7992	2,7504	3,486	2,6994	2,8684
151	2:20 AM	3,0639	4,042	2,9039	3,0442	3,603	3,338	3,436	2,6706	2,7958
152	2:25 AM	2,6982	3,93	2,8149	3,233	3,61	3,375	3,364	2,6513	2,7744
153	2:30 AM	2,7968	3,806	2,2577	2,5889	3,176	3,286	3,1111	2,6066	2,7958
154	2:35 AM	2,683	3,824	2,5637	2,4214	2,8425	3,0108	2,9398	2,6392	2,7589
155	2:40 AM	3,287	4,431	3,1415	2,1104	2,3147	2,5795	2,9393	2,59	2,7309
156	2:45 AM	3,309	4,479	3,1449	2,635	2,401	3,0193	2,7682	2,6188	2,9434
157	2:50 AM	3,1467	4,275	2,5437	2,5889	3,0687	3,0866	3,337	2,6715	2,9427
158	2:55 AM	3,314	4,008	2,3982	2,6512	3,0568	3,0343	3,204	2,6513	3,0194
159	3:00 AM	2,716	2,5825	1,7669	2,6762	2,3714	2,4328	2,7861	2,4601	2,6059
160	3:05 AM	2,7865	2,2528	1,6084	2,3252	2,3026	2,5645	2,8669	2,4073	2,5696
161	3:10 AM	2,5556	2,2528	1,5749	2,9529	2,6514	2,9945	3,0765	2,5424	2,9135
162	3:15 AM	2,7734	2,2528	1,6647	3,0216	2,6514	2,9824	3,233	2,5826	2,8957
163	3:20 AM	2,8315	2,5425	1,8861	2,8794	2,6261	2,8802	3,467	2,8837	3,272

164	3:25 AM	2,8705	2,5288	1,9409	3,389	2,7529	2,9039	3,345	2,8837	3,338
165	3:30 AM	3,1255	2,4888	1,6647	3,1199	3,023	2,9824	3,272	2,6994	3,163
166	3:35 AM	2,7734	2,5263	1,8587	2,9267	2,9425	3,23	3,309	2,8022	3,272
167	3:40 AM	2,5715	2,3605	1,7595	2,939	2,7529	3,163	3,1521	2,7411	3,272
168	3:45 AM	2,5556	2,2299	1,6243	3,1412	3,023	3,453	4,131	3,338	3,878
169	3:50 AM	2,5412	2,1476	1,7788	3,1419	3,023	3,414	3,892	3,457	3,994
170	3:55 AM	2,8825	2,1083	1,6243	4,066	3,603	3,86	4,593	3,957	4,579
171	4:00 AM	2,7764	2,3063	2,1777	3,686	3,295	3,453	4,392	3,824	4,579
172	4:05 AM	3,196	2,2905	2,0346	3,1419	3,164	3,376	4,543	3,582	3,978
173	4:10 AM	3,665	2,2839	2,0346	3,583	2,8266	3,0504	3,783	3,309	3,849
174	4:15 AM	3,381	2,0704	1,8507	3,465	2,9816	3,1341	3,707	3,311	4,029
175	4:20 AM	3,0217	2,1764	1,8861	2,9846	2,6995	2,83	3,762	3,338	3,937
176	4:25 AM	2,8705	2,1154	1,8322	3,0442	2,6221	2,8294	3,927	3,284	3,871
177	4:30 AM	2,9267	2,0496	1,6647	2,971	2,6843	3,166	3,571	3,513	4,053
178	4:35 AM	2,9303	2,3424	2,1291	2,798	2,6915	3,0866	3,536	3,513	3,997
179	4:40 AM	3,0639	2,3424	2,0679	3,273	2,1316	2,4616	3,249	3,288	3,634
180	4:45 AM	3,637	2,3203	2,1767	3,0442	2,3714	2,6157	3,0667	2,4073	2,547
181	4:50 AM	2,7734	2,2905	2,4485	2,898	2,4145	2,6674	2,6983	2,622	2,6835
182	4:55 AM	2,9903	2,2154	2,2877	2,7764	2,4295	2,8802	3,436	3,023	3,376
183	5:00 AM	3,1112	2,2575	2,2502	2,7329	2,6221	3,0108	3,337	3,396	4,012
184	5:05 AM	2,8192	3,356	3,0145	2,6079	2,648	3,0108	3,578	3,418	3,984
185	5:10 AM	3,314	3,638	3,0145	2,7772	2,5667	2,8368	3,775	3,356	3,984
186	5:15 AM	3,443	3,752	3,1443	2,5489	2,7777	2,8713	3,695	3,292	4,04
187	5:20 AM	3,1467	2,195	2,3037	2,6477	2,5726	2,6483	3,893	3,274	4,04
188	5:25 AM	3,478	3,69	2,9824	2,225	2,4145	2,4858	3,332	3,052	3,537
189	5:30 AM	3,0556	3,752	3,0002	2,3459	2,4365	2,5469	3,426	3,1124	3,598
190	5:35 AM	3,0449	4,041	3,458	2,3595	2,2603	2,4328	3,272	3,0652	3,62
191	5:40 AM	3,0869	4,161	3,617	2,5789	2,7777	2,6034	3,233	2,9542	3,363
192	5:45 AM	3,0358	3,824	2,8301	2,5142	2,8925	2,632	3,1419	2,8985	3,278
193	5:50 AM	3,288	3,887	3,475	2,1586	2,8266	2,8149	3,272	3,0371	3,429
194	5:55 AM	3,0358	3,977	3,598	3,1028	3,276	3,423	4,076	3,562	4,33
195	6:00 AM	3,594	4,184	3,643	3,337	3,342	3,414	3,637	3,576	4,24
196	6:05 AM	3,348	4,178	3,558	2,6502	3,0687	3,247	3,885	3,1124	3,885
197	6:10 AM	3,185	3,459	2,939	2,6079	3,1534	3,1443	3,454	3,1124	3,486
198	6:15 AM	3,209	3,587	3,433	2,801	2,7622	2,7936	3,1466	2,622	2,8172
199	6:20 AM	3,1582	3,806	3,414	2,2603	2,7622	2,596	2,9846	2,8425	2,9823
200	6:25 AM	2,8109	3,457	2,7712	2,4134	2,648	2,4616	2,9515	2,9425	3,0398
201	6:30 AM	3,0316	2,9279	2,7935	2,2858	2,4073	2,2962	2,9565	2,9425	3,0616
202	6:35 AM	3,1439	2,2375	2,6962	2,5815	2,8121	2,983	3,667	3,018	3,455
203	6:40 AM	2,683	2,2867	2,4616	2,7516	2,928	3,166	3,667	3,305	3,954
204	6:45 AM	2,5455	2,195	2,4116	3,885	3,509	3,702	3,739	3,48	4,063
205	6:50 AM	3,1112	4,042	3,62	3,233	3,467	3,634	3,849	3,467	4,099
206	6:55 AM	3,0217	3,867	3,454	3,209	3,167	3,27	3,436	3,403	3,757
207	7:00 AM	3,36	4,032	3,521	3,355	3,415	3,166	3,594	3,211	3,722
208	7:05 AM	3,403	3,987	3,22	3,312	3,622	3,498	3,748	3,415	3,954
209	7:10 AM	2,7764	3,428	2,6811	3,539	3,686	3,627	4,03	3,427	4,086
210	7:15 AM	2,761	3,397	2,8293	3,743	3,492	3,509	3,75	3,545	3,954
211	7:20 AM	2,8586	3,526	3,0002	3,303	3,494	3,521	3,478	3,427	3,902

## **ANEXO B.1**

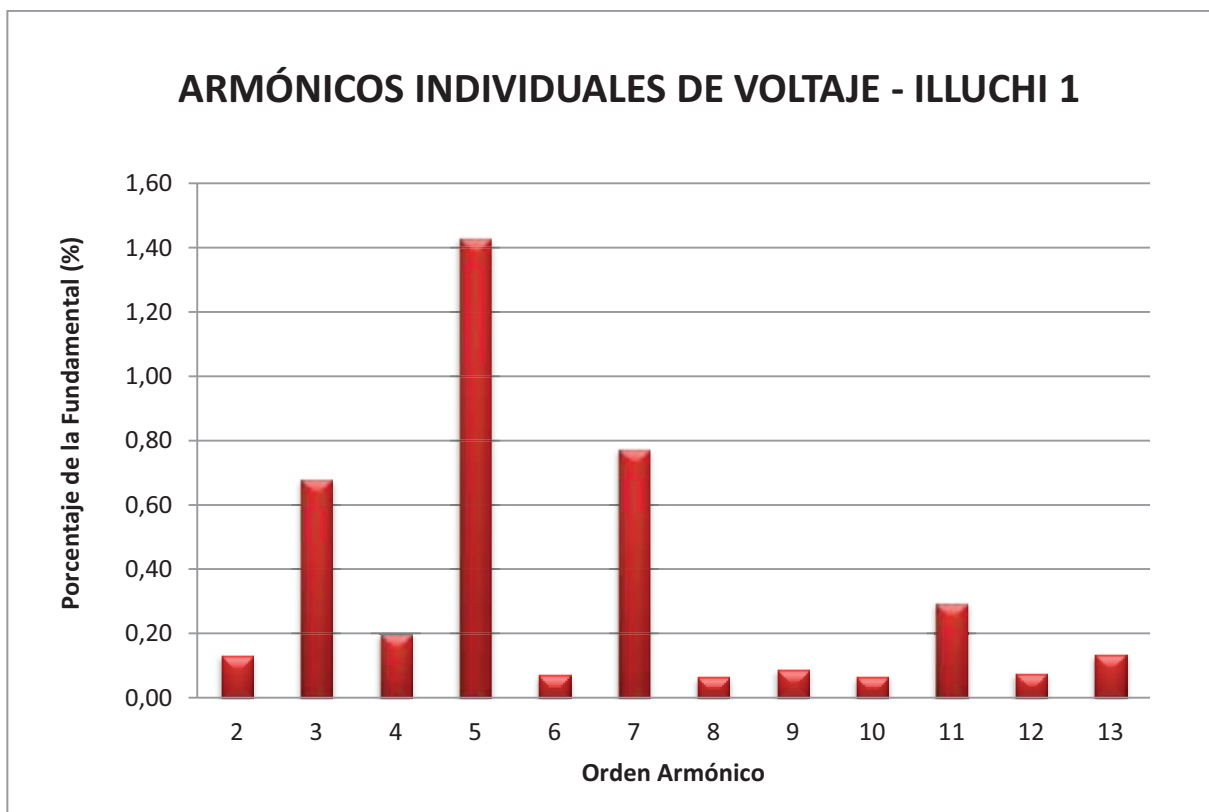
**Espectro armónico de voltajes y corrientes en las centrales  
Illuchi 1 e Illuchi 2**

# PRIMERA MEDICIÓN

28 de diciembre de 2012

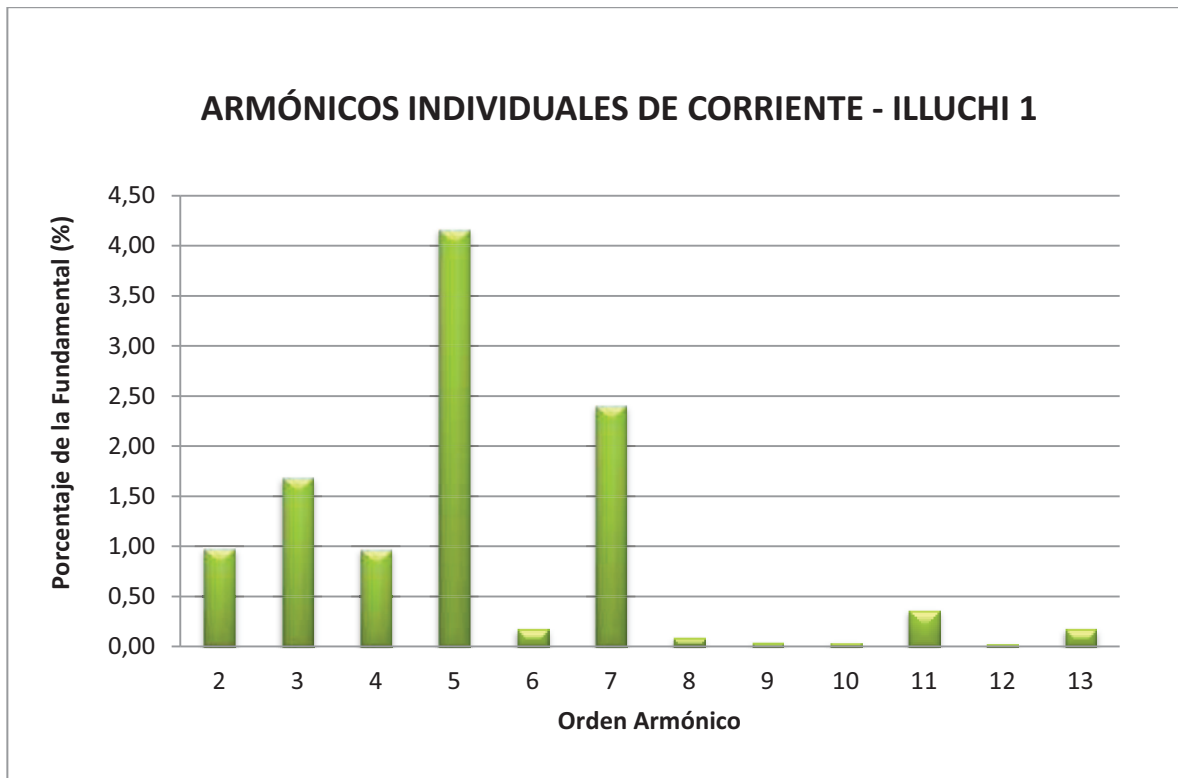
## DIAGRAMA DE BARRAS

ESPECTRO ARMÓNICOS DE VOLTAJE MEDIDOS EN LA CENTRAL  
ILLUCHI 1



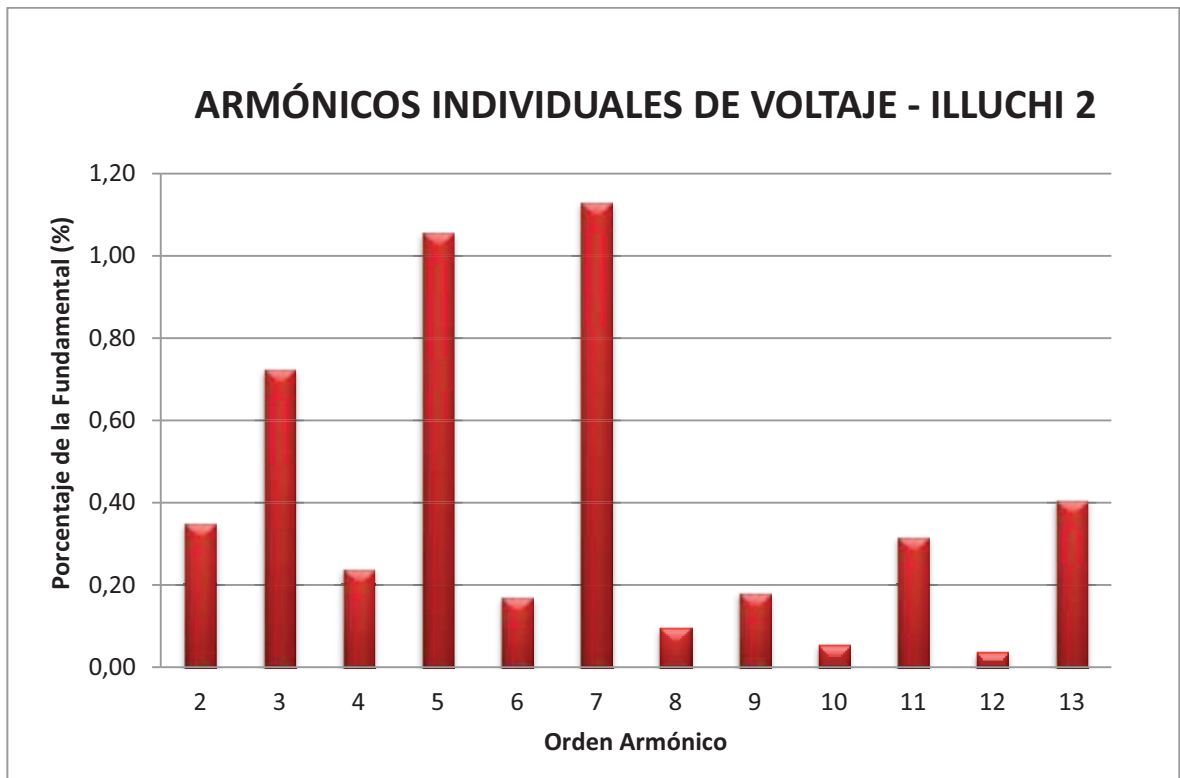
## DIAGRAMA DE BARRAS

### ESPECTRO ARMÓNICOS DE CORRIENTE MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 1



## DIAGRAMA DE BARRAS

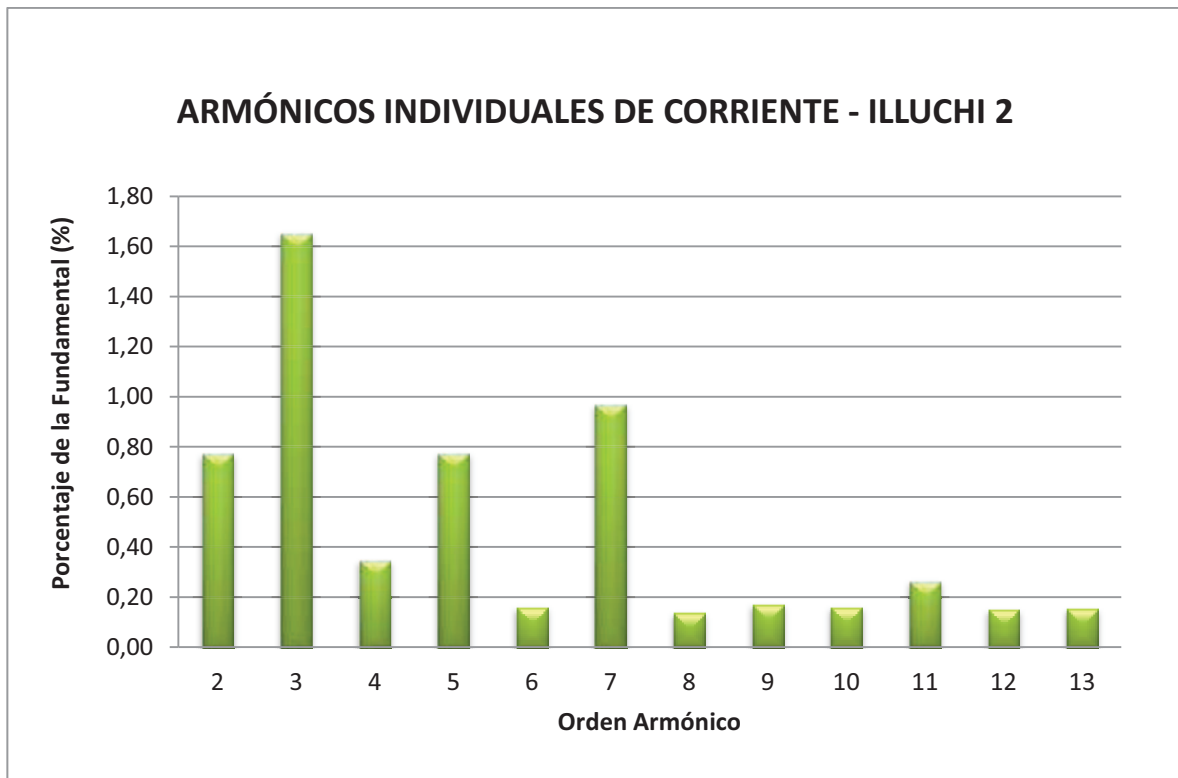
### ESPECTRO ARMÓNICOS DE VOLTAJE MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 2





## DIAGRAMA DE BARRAS

### ESPECTRO ARMÓNICOS DE CORRIENTE MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 1

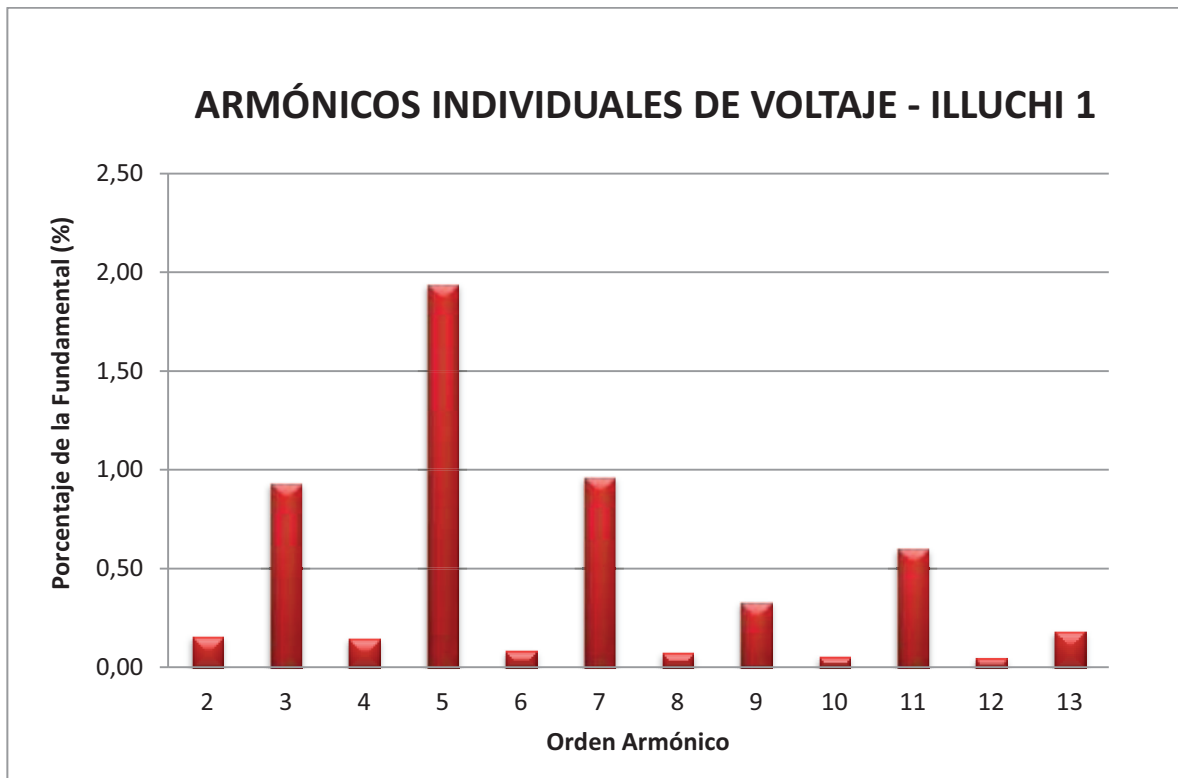


## SEGUNDA MEDICIÓN

29 de enero de 2013

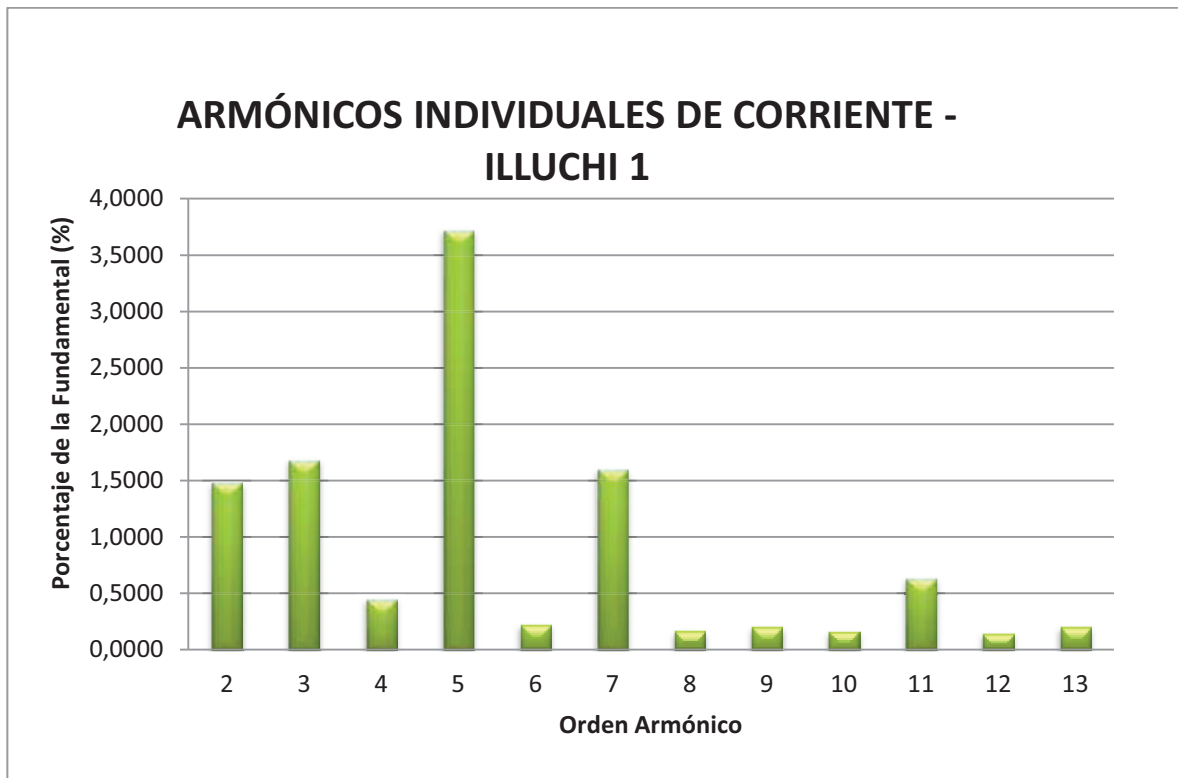
### DIAGRAMA DE BARRAS

ESPECTRO ARMÓNICOS DE VOLTAJE MEDIDOS EN LA CENTRAL  
ILLUCHI 1



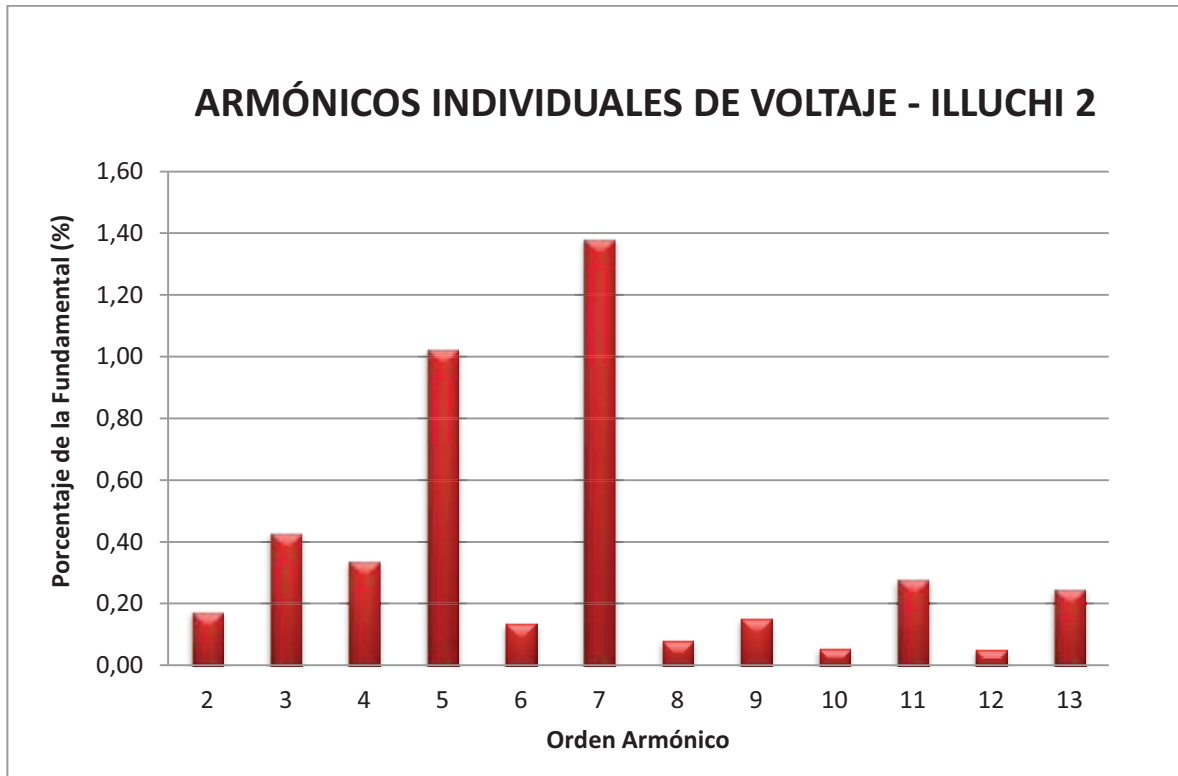
## DIAGRAMA DE BARRAS

### ESPECTRO ARMÓNICOS DE CORRIENTE MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 1



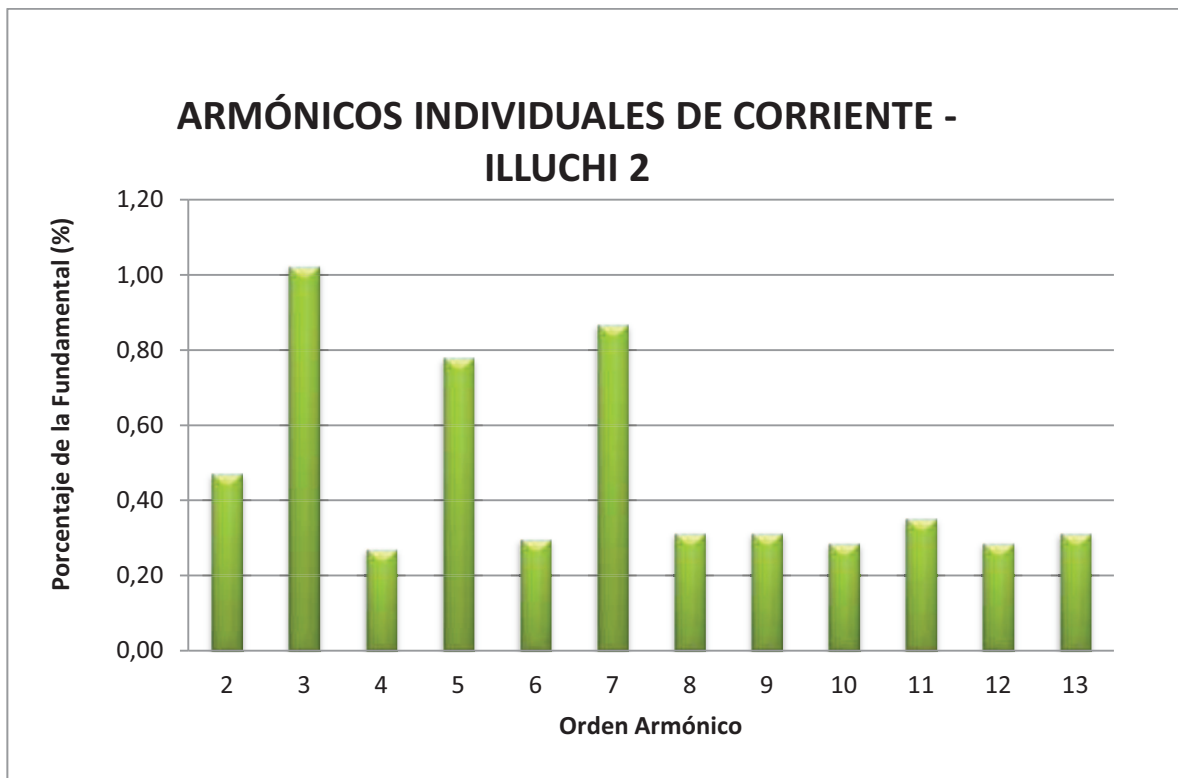
## DIAGRAMA DE BARRAS

### ESPECTRO ARMÓNICOS DE VOLTAJE MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 2



## DIAGRAMA DE BARRAS

### ESPECTRO ARMÓNICOS DE CORRIENTE MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 2



## **ANEXO C**

### **Mediciones de Distorsión Armónica Total de Voltaje y Corriente Illuchi 1 e Illuchi 2**

# PRIMERA MEDICIÓN

28 de diciembre de 2012

## REGISTRO DE DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL MÁXIMA DE VOLTAJE MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 1

THD MÁXIMO DE VOLTAJE POR FASE				
FASE		A	B	C
N°	HORA	(%FUND)	(%FUND)	(%FUND)
1	11:12 AM	1,8	1,8	1,8
2	11:14 AM	1,5	1,5	1,6
3	11:16 AM	1,5	1,5	1,5
4	11:18 AM	1,7	1,7	1,6
5	11:20 AM	1,7	1,7	1,7
6	11:22 AM	1,8	1,7	1,7
7	11:24 AM	1,6	1,6	1,6
8	11:26 AM	1,5	1,5	1,5
9	11:28 AM	1,5	1,5	1,5
10	11:30 AM	1,5	1,5	1,4
11	11:32 AM	1,6	1,5	1,5
12	11:34 AM	1,3	1,3	1,3
13	11:36 AM	1,4	1,4	1,4
14	11:38 AM	1,5	1,4	1,4

## REGISTRO DE DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE CORRIENTE MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 1.

THD MÁXIMO DE CORRIENTE POR FASE				
FASE		A	B	C
N°	HORA	(%FUND)	(%FUND)	(%FUND)
1	11:12 AM	4,5	4,6	4,4
2	11:14 AM	4,1	4,2	3,9
3	11:16 AM	4,2	4,2	3,8
4	11:18 AM	4,4	4,6	4,1
5	11:20 AM	4,6	4,9	4,3
6	11:22 AM	4,7	4,9	4,1
7	11:24 AM	4,1	4,3	3,8
8	11:26 AM	4,2	4,3	3,9
9	11:28 AM	4,1	4,2	3,6
10	11:30 AM	4,1	4,2	3,6
11	11:32 AM	4,2	4,4	3,9
12	11:34 AM	3,7	3,9	3,4
13	11:36 AM	4,0	4,1	3,4
14	11:38 AM	4,2	4,4	3,5

**REGISTRO DE MÁXIMA DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE VOLTAJE  
MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 2**

THD MÁXIMO DE VOLTAJE POR FASE				
FASE		A	B	C
N°	HORA	(%FUND)	(%FUND)	(%FUND)
1	3:10 PM	0,7	0,5	0,7
2	3:20 PM	0,7	0,7	0,7
3	3:30 PM	0,8	0,9	0,7
4	3:40 PM	0,8	0,9	0,7
5	3:50 PM	0,8	0,7	0,6
6	4:00 PM	1,0	0,9	0,7
7	4:10 PM	1,0	0,9	1,0
8	4:20 PM	1,1	1,1	1,2
9	4:30 PM	1,0	0,9	0,9
10	4:40 PM	1,1	0,9	0,8
11	4:50 PM	0,8	0,6	0,6
12	5:00 PM	0,8	0,6	0,6
13	5:10 PM	1,1	1,0	0,8
14	5:20 PM	0,9	0,8	0,7
15	5:30 PM	0,9	1,0	0,7
16	5:40 PM	1,5	1,7	1,3
17	5:50 PM	1,2	1,3	1,0
18	6:00 PM	0,8	1,0	0,8
19	6:10 PM	0,8	0,8	0,8
20	6:20 PM	0,6	0,7	0,7
21	6:30 PM	0,6	0,6	0,6
22	6:40 PM	0,8	0,8	0,8
23	6:50 PM	1,0	1,1	0,9
24	7:00 PM	0,8	0,9	0,7
25	7:10 PM	0,8	0,9	0,8
26	7:20 PM	0,8	1,0	0,8
27	7:30 PM	0,6	0,7	0,6
28	7:40 PM	0,7	0,8	0,7
29	7:50 PM	0,5	0,7	0,7
30	8:00 PM	0,5	0,7	0,7
31	8:10 PM	0,8	0,9	0,8
32	8:20 PM	0,8	1,0	0,7
33	8:30 PM	0,8	0,9	0,7
34	8:40 PM	0,7	0,9	0,7
35	8:50 PM	0,6	0,8	0,6
36	9:00 PM	0,9	1,0	0,8
37	9:10 PM	0,8	1,0	0,8
38	9:20 PM	0,8	1,0	0,7
39	9:30 PM	0,7	0,8	0,6
40	9:40 PM	0,7	0,9	0,6
41	9:50 PM	0,9	0,9	0,7
42	10:00 PM	0,8	0,9	0,6
43	10:10 PM	0,6	0,8	0,7
44	10:20 PM	0,7	0,8	0,6
45	10:30 PM	0,6	0,8	0,6
46	10:40 PM	0,5	0,7	0,6
47	10:50 PM	0,5	0,7	0,7
48	11:00 PM	0,8	0,8	0,6

49	11:10 PM	0,8	1,1	0,8
50	11:20 PM	0,6	0,7	0,7
51	11:30 PM	0,9	1,0	0,8
52	11:40 PM	0,9	1,2	0,9
53	11:50 PM	0,9	1,0	1,0
54	12:00 AM	0,7	0,8	0,9
55	12:10 AM	0,7	1,0	1,0
56	12:20 AM	0,9	1,1	0,9
57	12:30 AM	1,0	1,2	1,1
58	12:40 AM	0,9	1,1	1,0
59	12:50 AM	0,9	1,3	1,0
60	1:00 AM	1,0	1,3	1,1
61	1:10 AM	0,8	1,1	0,9
62	1:20 AM	0,9	1,1	1,0
63	1:30 AM	1,0	1,2	1,0
64	1:40 AM	0,9	0,9	0,9
65	1:50 AM	1,0	1,0	1,1
66	2:00 AM	0,9	1,0	1,0
67	2:10 AM	0,9	1,3	1,1
68	2:20 AM	0,8	0,8	1,0
69	2:30 AM	0,9	1,1	1,2
70	2:40 AM	1,1	1,2	1,2
71	2:50 AM	0,9	1,1	1,0
72	3:00 AM	0,9	1,1	1,0
73	3:10 AM	0,9	1,1	1,0
74	3:20 AM	1,0	1,4	1,1
75	3:30 AM	0,9	1,1	1,2
76	3:40 AM	1,2	1,2	1,4
77	3:50 AM	0,7	1,0	1,0
78	4:00 AM	1,0	1,2	1,2
79	4:10 AM	1,0	1,3	1,0
80	4:20 AM	1,1	1,3	1,1
81	4:30 AM	1,1	1,3	1,1
82	4:40 AM	1,0	1,2	1,1
83	4:50 AM	0,9	1,2	1,1
84	5:00 AM	0,9	1,2	0,9
85	5:10 AM	0,8	1,1	0,9
86	5:20 AM	0,8	1,1	0,9
87	5:30 AM	0,9	1,1	0,9
88	5:40 AM	1,1	1,3	1,2
89	5:50 AM	0,9	0,8	1,0
90	6:00 AM	0,7	0,9	0,9
91	6:10 AM	0,6	0,8	0,9
92	6:20 AM	0,8	0,9	0,9
93	6:30 AM	1,1	1,2	1,2
94	6:40 AM	0,8	1,0	0,9
95	6:50 AM	1,0	1,3	1,1
96	7:00 AM	0,9	1,2	1,1
97	7:10 AM	0,9	1,2	0,9
98	7:20 AM	0,8	0,8	0,8
99	7:30 AM	0,7	0,6	0,6



## REGISTRO DE DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE CORRIENTE MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 2

THD MÁXIMO DE CORRIENTE POR FASE				
FASE		A	B	C
N°	FECHA/HORA	(%FUND)	(%FUND)	(%FUND)
1	3:10 PM	1,3	0,9	1,1
2	3:20 PM	1,3	1,0	1,1
3	3:30 PM	1,3	1,0	1,2
4	3:40 PM	1,1	1,0	1,2
5	3:50 PM	1,3	0,9	1,1
6	4:00 PM	1,3	1,2	1,3
7	4:10 PM	1,2	1,0	1,1
8	4:20 PM	1,3	1,0	1,0
9	4:30 PM	1,5	1,1	1,3
10	4:40 PM	1,3	1,1	1,3
11	4:50 PM	1,3	1,0	1,1
12	5:00 PM	1,5	1,0	1,2
13	5:10 PM	2,4	1,7	2,1
14	5:20 PM	2,1	1,6	1,9
15	5:30 PM	2,1	1,6	1,9
16	5:40 PM	2,5	2,1	2,5
17	5:50 PM	2,3	2,1	2,1
18	6:00 PM	2,4	1,9	2,3
19	6:10 PM	1,5	1,2	1,3
20	6:20 PM	1,5	1,0	1,2
21	6:30 PM	1,3	0,9	1,1
22	6:40 PM	1,6	1,0	1,3
23	6:50 PM	1,6	1,0	1,2
24	7:00 PM	1,5	1,0	1,3
25	7:10 PM	1,5	1,0	1,2
26	7:20 PM	1,5	1,0	1,3
27	7:30 PM	1,5	0,9	1,2
28	7:40 PM	1,5	1,0	1,2
29	7:50 PM	1,4	0,8	1,0
30	8:00 PM	1,5	0,9	1,2
31	8:10 PM	1,4	0,9	1,1
32	8:20 PM	1,4	0,9	1,2
33	8:30 PM	1,4	0,9	1,2
34	8:40 PM	1,3	0,8	1,0
35	8:50 PM	1,3	0,8	1,1
36	9:00 PM	1,4	1,0	1,2
37	9:10 PM	1,4	0,9	1,2
38	9:20 PM	1,4	1,0	1,2
39	9:30 PM	2,1	1,5	1,8
40	9:40 PM	2,1	1,4	1,8
41	9:50 PM	2,2	1,5	1,8
42	10:00 PM	2,2	1,5	1,8
43	10:10 PM	2,8	1,6	2,4
44	10:20 PM	3,0	2,1	2,6
45	10:30 PM	2,2	1,4	1,8
46	10:40 PM	2,0	1,4	1,7
47	10:50 PM	2,2	1,3	1,6
48	11:00 PM	2,6	1,8	2,1

49	11:10 PM	2,6	1,7	1,9
50	11:20 PM	1,9	1,3	1,5
51	11:30 PM	1,8	1,3	1,5
52	11:40 PM	2,2	1,6	1,7
53	11:50 PM	2,9	2,0	2,2
54	12:00 AM	2,2	1,8	1,6
55	12:10 AM	3,0	2,0	2,7
56	12:20 AM	2,2	1,8	1,8
57	12:30 AM	2,1	1,5	1,5
58	12:40 AM	1,9	1,4	1,6
59	12:50 AM	2,7	1,8	2,2
60	1:00 AM	2,7	1,8	2,4
61	1:10 AM	1,8	1,2	1,5
62	1:20 AM	1,8	1,4	1,6
63	1:30 AM	1,9	1,3	1,6
64	1:40 AM	2,5	2,1	2,4
65	1:50 AM	2,3	2,0	1,9
66	2:00 AM	1,9	1,6	1,7
67	2:10 AM	2,4	1,9	2,1
68	2:20 AM	1,6	1,5	1,4
69	2:30 AM	1,6	1,6	1,6
70	2:40 AM	1,9	1,8	1,7
71	2:50 AM	1,6	1,4	1,3
72	3:00 AM	1,3	1,2	1,1
73	3:10 AM	1,8	1,3	1,3
74	3:20 AM	1,3	1,2	1,2
75	3:30 AM	1,5	1,5	1,4
76	3:40 AM	1,9	1,7	1,6
77	3:50 AM	2,6	1,9	2,4
78	4:00 AM	1,9	1,6	1,5
79	4:10 AM	1,8	1,3	1,6
80	4:20 AM	2,3	1,6	1,9
81	4:30 AM	2,3	1,9	1,9
82	4:40 AM	1,7	1,3	1,4
83	4:50 AM	2,2	1,9	2,0
84	5:00 AM	2,1	1,6	2,0
85	5:10 AM	1,6	1,6	1,5
86	5:20 AM	1,8	1,3	1,3
87	5:30 AM	1,9	1,5	1,5
88	5:40 AM	1,8	1,7	1,5
89	5:50 AM	1,8	1,3	1,4
90	6:00 AM	1,6	1,4	1,3
91	6:10 AM	1,7	1,4	1,4
92	6:20 AM	2,1	1,8	1,9
93	6:30 AM	2,3	1,8	2,0
94	6:40 AM	1,7	1,4	1,5
95	6:50 AM	2,1	1,9	2,1
96	7:00 AM	1,8	1,6	1,7
97	7:10 AM	1,9	1,4	1,6
98	7:20 AM	1,9	1,5	1,5
99	7:30 AM	2,0	1,7	1,8

# SEGUNDA MEDICIÓN

29 DE ENERO DEL 2013

## REGISTRO DE DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE VOLTAJE

### MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 1

THD MÁXIMO DE VOLTAJE POR FASE				
FASE		A	B	C
N°	FECHA/HORA	(%FUND)	(%FUND)	(%FUND)
1	12:55 PM	1,8	1,7	1,7
2	1:00 PM	1,8	1,7	1,7
3	1:05 PM	2,0	1,8	1,9
4	1:10 PM	1,8	1,7	1,7
5	1:15 PM	1,9	1,8	1,7
6	1:20 PM	2,1	1,9	1,9
7	1:25 PM	2,0	1,8	1,9
8	1:30 PM	1,9	1,8	1,8
9	1:35 PM	2,0	1,8	1,9
10	1:40 PM	1,8	1,7	1,8
11	1:45 PM	1,8	1,7	1,8
12	1:50 PM	1,9	1,7	1,8
13	1:55 PM	1,9	1,7	1,8
14	2:00 PM	1,9	1,8	1,9
15	2:05 PM	2,0	1,8	2,0
16	2:10 PM	2,1	2,0	2,1
17	2:15 PM	2,0	1,9	2,0
18	2:20 PM	2,0	1,8	2,0
19	2:25 PM	2,2	2,1	2,2
20	2:30 PM	2,1	2,0	2,1
21	2:35 PM	2,2	2,0	2,2
22	2:40 PM	2,0	1,8	2,0
23	2:45 PM	1,9	1,8	1,8
24	2:50 PM	2,0	1,8	2,0
25	2:55 PM	1,8	1,7	1,8
26	3:00 PM	2,1	2,0	2,1
27	3:05 PM	2,1	2,0	2,2
28	3:10 PM	1,9	1,7	1,9
29	3:15 PM	1,9	1,8	1,9
30	3:20 PM	1,9	1,8	1,9
31	3:25 PM	1,9	1,7	1,9
32	3:30 PM	1,9	1,7	1,8
33	3:35 PM	1,9	1,7	1,9
34	3:40 PM	2,0	1,9	2,0
35	3:45 PM	1,9	1,7	1,9
36	3:50 PM	1,9	1,9	1,9
37	3:55 PM	1,9	1,8	1,9
38	4:00 PM	1,8	1,7	1,8
39	4:05 PM	1,8	1,7	1,8
40	4:10 PM	1,7	1,7	1,7
41	4:15 PM	1,7	1,7	1,7
42	4:20 PM	1,9	1,9	1,9
43	4:25 PM	2,0	2,0	2,1
44	4:30 PM	1,9	1,9	2,0
45	4:35 PM	2,0	2,1	2,0
46	4:40 PM	1,8	1,8	1,8
47	4:45 PM	2,1	2,1	2,2
48	4:50 PM	2,0	2,0	2,0
49	4:55 PM	1,9	2,0	2,1
50	5:00 PM	1,9	2,0	1,9

51	5:05 PM	1,7	1,7	1,8
52	5:10 PM	1,8	1,8	1,8
53	5:15 PM	1,7	1,8	1,8
54	5:20 PM	1,8	1,8	1,8
55	5:25 PM	1,8	1,8	1,9
56	5:30 PM	1,7	1,6	1,6
57	5:35 PM	1,8	1,8	1,8
58	5:40 PM	1,7	1,7	1,7
59	5:45 PM	1,7	1,7	1,7
60	5:50 PM	1,7	1,7	1,6
61	5:55 PM	1,7	1,7	1,6
62	6:00 PM	1,7	1,7	1,7
63	6:05 PM	1,7	1,7	1,7
64	6:10 PM	1,6	1,6	1,5
65	6:15 PM	1,6	1,5	1,6
66	6:20 PM	1,5	1,6	1,6
67	6:25 PM	1,5	1,5	1,6
68	6:30 PM	1,4	1,5	1,5
69	6:35 PM	1,5	1,5	1,6
70	6:40 PM	1,5	1,5	1,5
71	6:45 PM	1,5	1,6	1,6
72	6:50 PM	1,5	1,5	1,6
73	6:55 PM	1,5	1,4	1,6
74	7:00 PM	1,5	1,5	1,5
75	7:05 PM	1,5	1,4	1,5
76	7:10 PM	1,5	1,4	1,5
77	7:15 PM	1,5	1,4	1,5
78	7:20 PM	1,5	1,5	1,3
79	7:25 PM	1,5	1,5	1,4
80	7:30 PM	1,5	1,5	1,4
81	7:35 PM	1,5	1,5	1,4
82	7:40 PM	1,4	1,4	1,3
83	7:45 PM	1,5	1,5	1,6
84	7:50 PM	1,5	1,4	1,6
85	7:55 PM	1,5	1,5	1,6
86	8:00 PM	1,5	1,4	1,6
87	8:05 PM	1,5	1,5	1,7
88	8:10 PM	1,5	1,4	1,6
89	8:15 PM	1,4	1,4	1,5
90	8:20 PM	1,4	1,3	1,5
91	8:25 PM	1,4	1,3	1,5
92	8:30 PM	1,4	1,3	1,5
93	8:35 PM	1,4	1,3	1,5
94	8:40 PM	1,5	1,4	1,5
95	8:45 PM	1,5	1,3	1,5
96	8:50 PM	1,5	1,4	1,5
97	8:55 PM	1,5	1,4	1,6
98	9:00 PM	1,5	1,3	1,4
99	9:05 PM	1,4	1,3	1,5
100	9:10 PM	1,5	1,3	1,5
101	9:15 PM	1,4	1,3	1,5
102	9:20 PM	1,4	1,3	1,5
103	9:25 PM	1,4	1,2	1,4
104	9:30 PM	1,4	1,2	1,4

105	9:35 PM	1,5	1,3	1,5
106	9:40 PM	1,5	1,4	1,6
107	9:45 PM	1,5	1,4	1,6
108	9:50 PM	1,5	1,3	1,6
109	9:55 PM	1,5	1,3	1,5
110	10:00 PM	1,5	1,3	1,5
111	10:05 PM	1,5	1,4	1,6
112	10:10 PM	1,6	1,4	1,6
113	10:15 PM	1,6	1,5	1,6
114	10:20 PM	1,6	1,5	1,6
115	10:25 PM	1,5	1,4	1,6
116	10:30 PM	1,6	1,5	1,7
117	10:35 PM	1,6	1,6	1,8
118	10:40 PM	1,6	1,6	1,8
119	10:45 PM	1,6	1,6	1,8
120	10:50 PM	1,6	1,6	1,8
121	10:55 PM	1,6	1,6	1,8
122	11:00 PM	1,5	1,5	1,7
123	11:05 PM	1,6	1,6	1,7
124	11:10 PM	1,6	1,7	1,8
125	11:15 PM	1,6	1,5	1,7
126	11:20 PM	1,6	1,6	1,8
127	11:25 PM	1,6	1,6	1,8
128	11:30 PM	1,6	1,5	1,8
129	11:35 PM	1,5	1,4	1,6
130	11:40 PM	1,5	1,4	1,5
131	11:45 PM	1,5	1,4	1,6
132	11:50 PM	1,6	1,5	1,7
133	11:55 PM	1,6	1,6	1,7
134	12:00 AM	1,6	1,7	1,9
135	12:05 AM	1,6	1,6	1,8
136	12:10 AM	1,7	1,8	1,9
137	12:15 AM	1,6	1,7	1,8
138	12:20 AM	1,6	1,6	1,8
139	12:25 AM	1,8	1,9	2,0
140	12:30 AM	1,7	1,8	1,9
141	12:35 AM	1,6	1,6	1,8
142	12:40 AM	1,6	1,6	1,8
143	12:45 AM	1,7	1,7	1,8
144	12:50 AM	1,6	1,7	1,9
145	12:55 AM	1,7	1,8	2,0
146	1:00 AM	1,6	1,7	1,9
147	1:05 AM	1,7	1,7	1,9
148	1:10 AM	1,6	1,6	1,7
149	1:15 AM	1,5	1,5	1,6
150	1:20 AM	1,7	1,8	2,0
151	1:25 AM	1,7	1,8	1,9
152	1:30 AM	1,7	1,8	1,9
153	1:35 AM	1,7	1,8	2,0
154	1:40 AM	1,7	1,8	1,9
155	1:45 AM	1,7	1,7	1,7
156	1:50 AM	1,5	1,5	1,6
157	1:55 AM	1,6	1,6	1,7
158	2:00 AM	1,6	1,7	1,9
159	2:05 AM	1,7	1,8	2,0
160	2:10 AM	1,7	1,6	1,8
161	2:15 AM	1,5	1,4	1,5
162	2:20 AM	1,4	1,4	1,4
163	2:25 AM	1,5	1,5	1,6
164	2:30 AM	1,6	1,5	1,7
165	2:35 AM	1,6	1,7	1,9
166	2:40 AM	1,8	1,9	2,1
167	2:45 AM	1,7	1,8	2,0
168	2:50 AM	1,6	1,7	1,9
169	2:55 AM	1,7	1,8	1,9
170	3:00 AM	1,6	1,7	1,7
171	3:05 AM	1,6	1,7	1,8
172	3:10 AM	1,6	1,8	2,0

173	3:15 AM	1,6	1,7	1,9
174	3:20 AM	1,6	1,8	1,9
175	3:25 AM	1,5	1,6	1,7
176	3:30 AM	1,5	1,6	1,7
177	3:35 AM	1,6	1,7	1,9
178	3:40 AM	1,6	1,6	1,9
179	3:45 AM	1,6	1,6	1,8
180	3:50 AM	1,5	1,6	1,7
181	3:55 AM	1,6	1,7	1,9
182	4:00 AM	1,6	1,5	1,8
183	4:05 AM	1,7	1,7	1,9
184	4:10 AM	1,6	1,5	1,7
185	4:15 AM	1,5	1,5	1,7
186	4:20 AM	1,5	1,4	1,6
187	4:25 AM	1,6	1,7	1,9
188	4:30 AM	1,6	1,7	1,9
189	4:35 AM	1,6	1,7	1,9
190	4:40 AM	1,5	1,5	1,7
191	4:45 AM	1,5	1,5	1,7
192	4:50 AM	1,6	1,7	1,9
193	4:55 AM	1,6	1,7	1,9
194	5:00 AM	1,7	1,9	2,1
195	5:05 AM	1,6	1,7	1,8
196	5:10 AM	1,5	1,5	1,7
197	5:15 AM	1,5	1,4	1,6
198	5:20 AM	1,6	1,7	1,9
199	5:25 AM	1,6	1,6	1,8
200	5:30 AM	1,6	1,6	1,8
201	5:35 AM	1,6	1,6	1,8
202	5:40 AM	1,5	1,5	1,7
203	5:45 AM	1,5	1,5	1,7
204	5:50 AM	1,4	1,4	1,6
205	5:55 AM	1,5	1,4	1,6
206	6:00 AM	1,4	1,4	1,6
207	6:05 AM	1,5	1,4	1,6
208	6:10 AM	1,4	1,3	1,6
209	6:15 AM	1,4	1,4	1,6
210	6:20 AM	1,4	1,5	1,6
211	6:25 AM	1,4	1,5	1,7
212	6:30 AM	1,5	1,7	1,8
213	6:35 AM	1,4	1,5	1,7
214	6:40 AM	1,3	1,4	1,5
215	6:45 AM	1,4	1,4	1,5
216	6:50 AM	1,5	1,6	1,7
217	6:55 AM	1,6	1,7	1,8
218	7:00 AM	1,6	1,6	1,7
219	7:05 AM	1,5	1,6	1,7
220	7:10 AM	1,6	1,6	1,5
221	7:15 AM	1,4	1,5	1,4
222	7:20 AM	1,7	1,7	1,6
223	7:25 AM	1,7	1,7	1,6
224	7:30 AM	1,6	1,6	1,4
225	7:35 AM	1,6	1,7	1,5
226	7:40 AM	1,6	1,7	1,7
227	7:45 AM	1,6	1,6	1,7
228	7:50 AM	1,7	1,7	1,8
229	7:55 AM	1,7	1,8	1,8
230	8:00 AM	1,8	1,9	1,8
231	8:05 AM	1,7	1,7	1,7
232	8:10 AM	1,6	1,6	1,6
233	8:15 AM	1,6	1,6	1,7
234	8:20 AM	1,8	1,8	1,9
235	8:25 AM	1,8	1,8	1,9
236	8:30 AM	1,8	1,8	1,9
237	8:35 AM	1,7	1,7	1,7
238	8:40 AM	1,6	1,6	1,6
239	8:45 AM	1,6	1,7	1,7
240	8:50 AM	1,7	1,7	1,7

## REGISTRO DE DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE CORRIENTE MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 1

THD MÁXIMO DE CORRIENTE POR FASE				
FASE		A	B	C
N°	HORA	(%FUND)	(%FUND)	(%FUND)
1	12:55 PM	3,4	3,3	3,2
2	1:00 PM	3,4	3,4	3,1
3	1:05 PM	3,6	3,5	3,3
4	1:10 PM	3,3	3,3	3,1
5	1:15 PM	3,5	3,5	3,2
6	1:20 PM	3,7	3,6	3,4
7	1:25 PM	3,6	3,5	3,4
8	1:30 PM	3,6	3,4	3,3
9	1:35 PM	3,7	3,5	3,3
10	1:40 PM	3,5	3,4	3,1
11	1:45 PM	3,4	3,3	3,1
12	1:50 PM	3,4	3,4	3,1
13	1:55 PM	3,4	3,4	3,2
14	2:00 PM	3,6	3,6	3,3
15	2:05 PM	3,7	3,7	3,3
16	2:10 PM	3,8	3,6	3,5
17	2:15 PM	3,7	3,6	3,4
18	2:20 PM	3,5	3,4	3,3
19	2:25 PM	4,0	3,9	3,6
20	2:30 PM	3,8	3,8	3,5
21	2:35 PM	3,9	3,8	3,6
22	2:40 PM	3,6	3,5	3,3
23	2:45 PM	3,5	3,4	3,0
24	2:50 PM	3,6	3,6	3,2
25	2:55 PM	3,4	3,3	3,1
26	3:00 PM	3,8	3,7	3,4
27	3:05 PM	3,8	3,7	3,5
28	3:10 PM	3,5	3,3	3,2
29	3:15 PM	3,5	3,4	3,2
30	3:20 PM	3,5	3,4	3,2
31	3:25 PM	3,4	3,3	3,1
32	3:30 PM	3,3	3,2	2,9
33	3:35 PM	3,4	3,2	3,1
34	3:40 PM	3,6	3,6	3,3
35	3:45 PM	3,4	3,3	3,0
36	3:50 PM	3,6	3,5	3,2
37	3:55 PM	3,5	3,4	3,2
38	4:00 PM	3,4	3,4	3,1
39	4:05 PM	3,5	3,4	3,1
40	4:10 PM	3,1	3,0	2,8
41	4:15 PM	3,2	3,2	2,8
42	4:20 PM	3,5	3,3	3,1
43	4:25 PM	3,9	3,9	3,5
44	4:30 PM	3,7	3,6	3,4
45	4:35 PM	3,9	3,7	3,4
46	4:40 PM	3,5	3,3	3,2
47	4:45 PM	3,8	3,7	3,6
48	4:50 PM	3,8	3,7	3,5
49	4:55 PM	3,7	3,6	3,4
50	5:00 PM	3,7	3,6	3,3
51	5:05 PM	3,4	3,2	3,2
52	5:10 PM	3,5	3,6	3,2
53	5:15 PM	3,5	3,4	3,1
54	5:20 PM	3,6	3,4	3,1

55	5:25 PM	3,6	3,5	3,2
56	5:30 PM	3,4	3,3	2,9
57	5:35 PM	3,3	3,3	2,9
58	5:40 PM	3,0	3,0	2,8
59	5:45 PM	3,1	3,0	2,9
60	5:50 PM	2,9	2,9	2,7
61	5:55 PM	2,9	2,9	2,7
62	6:00 PM	3,1	2,9	2,8
63	6:05 PM	3,1	2,9	2,9
64	6:10 PM	2,9	2,9	2,6
65	6:15 PM	3,0	2,8	2,7
66	6:20 PM	3,1	3,1	2,7
67	6:25 PM	2,9	2,7	2,6
68	6:30 PM	2,9	2,8	2,6
69	6:35 PM	3,1	3,1	2,8
70	6:40 PM	3,1	3,1	2,7
71	6:45 PM	3,1	3,2	2,7
72	6:50 PM	3,1	3,0	2,8
73	6:55 PM	3,0	3,0	2,6
74	7:00 PM	2,9	2,9	2,5
75	7:05 PM	2,8	2,6	2,4
76	7:10 PM	2,7	2,6	2,4
77	7:15 PM	2,8	2,8	2,5
78	7:20 PM	3,0	3,0	2,6
79	7:25 PM	3,0	2,9	2,6
80	7:30 PM	3,0	2,9	2,6
81	7:35 PM	3,0	2,9	2,7
82	7:40 PM	2,9	2,8	2,6
83	7:45 PM	3,1	3,1	2,6
84	7:50 PM	2,8	2,7	2,5
85	7:55 PM	2,9	2,8	2,6
86	8:00 PM	3,0	2,9	2,6
87	8:05 PM	3,0	2,9	2,6
88	8:10 PM	2,9	2,8	2,6
89	8:15 PM	2,9	2,8	2,6
90	8:20 PM	2,8	2,8	2,5
91	8:25 PM	2,8	2,7	2,5
92	8:30 PM	2,8	2,8	2,5
93	8:35 PM	2,7	2,6	2,4
94	8:40 PM	2,8	2,7	2,5
95	8:45 PM	2,7	2,6	2,4
96	8:50 PM	2,8	2,7	2,4
97	8:55 PM	2,8	2,8	2,5
98	9:00 PM	2,6	2,5	2,3
99	9:05 PM	2,9	2,8	2,5
100	9:10 PM	2,6	2,7	2,4
101	9:15 PM	2,6	2,5	2,3
102	9:20 PM	3,3	3,2	2,9
103	9:25 PM	3,6	3,4	3,1
104	9:30 PM	3,6	3,4	3,2
105	9:35 PM	3,8	3,6	3,4
106	9:40 PM	3,9	3,6	3,4
107	9:45 PM	3,8	3,6	3,3
108	9:50 PM	3,9	3,6	3,4
109	9:55 PM	3,7	3,4	3,3
110	10:00 PM	3,8	3,5	3,3
111	10:05 PM	4,0	3,7	3,6
112	10:10 PM	4,0	3,7	3,5

113	10:15 PM	4,1	3,8	3,6
114	10:20 PM	4,3	3,9	3,8
115	10:25 PM	4,3	4,0	3,8
116	10:30 PM	4,5	4,2	4,0
117	10:35 PM	4,7	4,4	4,2
118	10:40 PM	4,6	4,4	4,0
119	10:45 PM	4,7	4,4	4,1
120	10:50 PM	4,7	4,3	4,2
121	10:55 PM	4,7	4,4	4,2
122	11:00 PM	4,6	4,3	4,1
123	11:05 PM	4,7	4,5	4,2
124	11:10 PM	4,8	4,6	4,2
125	11:15 PM	4,6	4,3	4,1
126	11:20 PM	4,6	4,2	4,2
127	11:25 PM	4,5	4,3	4,1
128	11:30 PM	4,5	4,3	4,1
129	11:35 PM	4,3	4,1	3,9
130	11:40 PM	4,3	4,2	3,7
131	11:45 PM	4,5	4,4	3,8
132	11:50 PM	4,5	4,2	4,0
133	11:55 PM	4,6	4,4	4,0
134	12:00 AM	4,9	4,8	4,3
135	12:05 AM	4,7	4,6	4,1
136	12:10 AM	5,0	4,9	4,5
137	12:15 AM	4,8	4,6	4,2
138	12:20 AM	4,8	4,7	4,2
139	12:25 AM	5,3	5,1	4,7
140	12:30 AM	5,0	4,8	4,5
141	12:35 AM	4,6	4,3	4,1
142	12:40 AM	4,5	4,3	4,1
143	12:45 AM	4,8	4,7	4,2
144	12:50 AM	4,9	4,8	4,4
145	12:55 AM	5,2	5,2	4,7
146	1:00 AM	4,9	4,7	4,4
147	1:05 AM	4,9	4,9	4,4
148	1:10 AM	4,3	4,2	3,8
149	1:15 AM	4,2	4,2	3,8
150	1:20 AM	5,4	5,2	4,7
151	1:25 AM	5,4	5,2	4,6
152	1:30 AM	4,9	4,8	4,4
153	1:35 AM	4,8	4,9	4,4
154	1:40 AM	5,0	4,8	4,3
155	1:45 AM	4,7	4,4	4,0
156	1:50 AM	4,0	3,8	3,6
157	1:55 AM	4,7	4,5	4,0
158	2:00 AM	4,8	4,7	4,3
159	2:05 AM	4,8	4,6	4,2
160	2:10 AM	4,1	4,0	3,7
161	2:15 AM	3,3	3,1	2,9
162	2:20 AM	3,2	3,1	2,7
163	2:25 AM	3,6	3,5	3,1
164	2:30 AM	3,8	3,6	3,4
165	2:35 AM	4,1	4,0	3,7
166	2:40 AM	4,6	4,5	4,1
167	2:45 AM	4,4	4,4	4,0
168	2:50 AM	4,2	4,2	3,8
169	2:55 AM	4,3	4,1	3,7
170	3:00 AM	4,1	4,1	3,5
171	3:05 AM	4,1	4,0	3,5
172	3:10 AM	4,3	4,5	3,8
173	3:15 AM	4,1	4,2	3,6
174	3:20 AM	4,4	4,4	3,8
175	3:25 AM	4,0	3,9	3,6
176	3:30 AM	3,9	3,9	3,6
177	3:35 AM	4,4	4,4	3,9
178	3:40 AM	4,1	4,0	3,8
179	3:45 AM	4,0	4,0	3,7

180	3:50 AM	3,7	3,7	3,4
181	3:55 AM	4,1	4,0	3,8
182	4:00 AM	3,8	3,7	3,5
183	4:05 AM	4,0	3,9	3,7
184	4:10 AM	3,4	3,3	3,1
185	4:15 AM	3,6	3,6	3,3
186	4:20 AM	3,6	3,7	3,3
187	4:25 AM	4,1	4,0	3,7
188	4:30 AM	4,1	4,0	3,7
189	4:35 AM	4,2	4,3	3,8
190	4:40 AM	3,5	3,5	3,2
191	4:45 AM	3,6	3,6	3,4
192	4:50 AM	4,1	4,1	3,8
193	4:55 AM	4,1	4,2	3,8
194	5:00 AM	4,4	4,5	4,0
195	5:05 AM	4,1	4,0	3,6
196	5:10 AM	3,9	3,8	3,3
197	5:15 AM	3,8	3,7	3,3
198	5:20 AM	4,3	4,2	3,8
199	5:25 AM	3,9	3,8	3,5
200	5:30 AM	3,9	3,9	3,6
201	5:35 AM	4,1	4,0	3,4
202	5:40 AM	3,5	3,5	3,1
203	5:45 AM	3,6	3,6	3,2
204	5:50 AM	3,4	3,4	3,1
205	5:55 AM	3,5	3,5	3,3
206	6:00 AM	3,5	3,4	3,1
207	6:05 AM	3,3	3,3	3,2
208	6:10 AM	3,2	3,1	3,0
209	6:15 AM	3,2	3,0	3,0
210	6:20 AM	3,5	3,3	3,1
211	6:25 AM	3,3	3,3	3,1
212	6:30 AM	3,6	3,7	3,3
213	6:35 AM	3,4	3,6	3,2
214	6:40 AM	3,2	3,3	2,9
215	6:45 AM	3,1	3,1	2,9
216	6:50 AM	3,5	3,5	3,1
217	6:55 AM	3,7	3,7	3,4
218	7:00 AM	3,5	3,5	3,2
219	7:05 AM	3,3	3,4	3,2
220	7:10 AM	3,4	3,4	3,2
221	7:15 AM	3,2	3,3	2,9
222	7:20 AM	3,8	3,8	3,6
223	7:25 AM	3,6	3,6	3,4
224	7:30 AM	3,6	3,4	3,2
225	7:35 AM	3,8	3,7	3,4
226	7:40 AM	3,4	3,3	3,2
227	7:45 AM	3,3	3,2	3,1
228	7:50 AM	3,8	3,6	3,5
229	7:55 AM	3,8	3,8	3,5
230	8:00 AM	4,0	4,0	3,6
231	8:05 AM	3,6	3,5	3,3
232	8:10 AM	3,5	3,5	3,2
233	8:15 AM	3,6	3,6	3,4
234	8:20 AM	3,9	3,8	3,6
235	8:25 AM	3,8	3,6	3,5
236	8:30 AM	3,6	3,5	3,4
237	8:35 AM	3,5	3,4	3,1
238	8:40 AM	3,4	3,2	3,0
239	8:45 AM	3,6	3,3	3,0
240	8:50 AM	3,6	3,5	3,2

**REGISTRO DE DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE VOLTAJE  
MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 2**

THD MÁXIMO DE VOLTAJE POR FASE				
FASE		A	B	C
N°	FECHA/HORA	(%FUND)	(%FUND)	(%FUND)
1	1:35 PM	1,1	1,1	0,9
2	1:40 PM	1,0	1,0	0,9
3	1:45 PM	0,7	0,7	0,6
4	1:50 PM	0,9	0,9	0,8
5	1:55 PM	0,8	0,8	0,7
6	2:00 PM	0,9	0,8	0,8
7	2:05 PM	1,1	1,0	0,9
8	2:10 PM	1,0	0,9	0,8
9	2:15 PM	1,0	0,9	0,9
10	2:20 PM	1,0	0,9	0,9
11	2:25 PM	0,9	0,8	0,8
12	2:30 PM	0,8	0,7	0,7
13	2:35 PM	1,1	0,9	0,9
14	2:40 PM	1,0	0,8	0,8
15	2:45 PM	0,7	0,7	0,7
16	2:50 PM	0,8	0,8	0,7
17	2:55 PM	0,9	0,8	0,7
18	3:00 PM	0,5	0,6	0,6
19	3:05 PM	0,9	1,0	0,9
20	3:10 PM	0,8	0,9	0,8
21	3:15 PM	0,6	0,7	0,6
22	3:35 PM	1,0	0,8	0,7
23	3:40 PM	0,9	0,8	0,7
24	3:45 PM	0,8	0,7	0,6
25	3:50 PM	1,0	0,9	0,8
26	3:55 PM	1,0	0,9	0,8
27	4:00 PM	0,8	0,7	0,6
28	4:05 PM	0,6	0,6	0,5
29	4:10 PM	0,7	0,6	0,6
30	4:15 PM	0,9	0,7	0,8
31	4:20 PM	0,9	0,8	0,7
32	4:25 PM	0,9	0,8	0,7
33	4:30 PM	0,7	0,6	0,5
34	4:35 PM	0,7	0,6	0,5
35	4:40 PM	0,5	0,6	0,5
36	4:45 PM	0,6	0,6	0,5
37	4:50 PM	0,7	0,7	0,6
38	4:55 PM	0,7	0,7	0,6
39	5:00 PM	0,5	0,5	0,4
40	5:05 PM	0,5	0,5	0,4
41	5:10 PM	0,5	0,5	0,4
42	5:15 PM	0,5	0,5	0,4
43	5:20 PM	0,6	0,6	0,5
44	5:25 PM	0,7	0,7	0,6
45	5:30 PM	0,7	0,7	0,6
46	5:35 PM	0,7	0,7	0,5
47	5:40 PM	0,6	0,6	0,5
48	5:45 PM	0,7	0,7	0,6
49	5:50 PM	0,7	0,6	0,5
50	5:55 PM	0,9	0,8	0,7
51	6:00 PM	1,0	0,9	0,8
52	6:05 PM	0,7	0,8	0,7
53	6:10 PM	1,0	0,9	0,8
54	6:15 PM	1,2	1,0	0,9
55	6:20 PM	1,2	1,0	0,9
56	6:25 PM	1,1	0,9	0,9
57	6:30 PM	1,0	0,9	0,8
58	6:35 PM	0,9	0,8	0,7
59	6:40 PM	0,9	0,8	0,7

60	6:45 PM	0,9	0,8	0,7
61	6:50 PM	1,0	0,8	0,8
62	6:55 PM	1,0	0,9	0,8
63	7:00 PM	1,0	0,9	0,8
64	7:05 PM	1,2	1,0	0,9
65	7:10 PM	1,0	0,9	0,8
66	7:15 PM	1,2	1,0	0,9
67	7:20 PM	1,2	1,1	1,0
68	7:25 PM	1,1	1,0	0,9
69	7:30 PM	1,1	1,0	0,9
70	7:35 PM	1,1	1,0	0,9
71	7:40 PM	1,1	1,0	1,0
72	7:45 PM	1,1	1,0	1,0
73	7:50 PM	1,1	0,9	0,9
74	7:55 PM	1,1	0,9	0,9
75	8:00 PM	1,2	1,0	1,0
76	8:05 PM	1,0	0,8	0,9
77	8:10 PM	0,7	0,7	0,7
78	8:15 PM	0,9	0,8	0,9
79	8:20 PM	1,0	0,9	1,0
80	8:25 PM	1,0	0,9	0,9
81	8:30 PM	1,0	0,9	0,9
82	8:35 PM	0,9	0,8	0,8
83	8:40 PM	0,9	0,8	0,8
84	8:45 PM	0,9	0,8	0,9
85	8:50 PM	1,0	0,9	1,0
86	8:55 PM	1,0	0,9	0,9
87	9:00 PM	0,9	0,8	0,8
88	9:05 PM	0,9	0,8	0,9
89	9:10 PM	1,2	1,0	1,1
90	9:15 PM	1,2	1,1	1,1
91	9:20 PM	1,2	1,0	1,1
92	9:25 PM	1,1	1,0	1,1
93	9:30 PM	1,1	1,0	1,0
94	9:35 PM	1,0	1,0	1,0
95	9:40 PM	1,1	1,0	1,0
96	9:45 PM	1,4	1,2	1,2
97	9:50 PM	1,4	1,2	1,3
98	9:55 PM	1,2	1,1	1,1
99	10:00 PM	1,0	0,9	0,9
100	10:05 PM	1,1	1,0	1,0
101	10:10 PM	1,0	0,8	0,9
102	10:15 PM	1,1	0,9	1,0
103	10:20 PM	1,1	1,0	1,0
104	10:25 PM	1,0	1,0	0,9
105	10:30 PM	0,8	0,8	0,8
106	10:35 PM	0,9	0,9	0,8
107	10:40 PM	1,0	1,0	0,9
108	10:45 PM	0,9	0,9	0,9
109	10:50 PM	1,3	1,2	1,2
110	10:55 PM	1,2	1,1	1,1
111	11:00 PM	1,0	1,0	0,9
112	11:05 PM	1,3	1,1	1,1
113	11:10 PM	1,1	1,0	1,0
114	11:15 PM	1,2	1,1	1,1
115	11:20 PM	1,6	1,5	1,4
116	11:25 PM	1,1	1,0	1,0
117	11:30 PM	1,4	1,3	1,2
118	11:35 PM	1,3	1,2	1,2
119	11:40 PM	1,1	1,0	1,0
120	11:45 PM	1,1	0,9	0,9
121	11:50 PM	1,0	0,9	1,0

122	11:55 PM	1,1	1,0	1,0
123	12:00 AM	0,8	0,8	0,9
124	12:05 AM	1,3	1,2	1,2
125	12:10 AM	1,5	1,4	1,4
126	12:15 AM	1,3	1,2	1,2
127	12:20 AM	1,4	1,3	1,2
128	12:25 AM	1,4	1,2	1,3
129	12:30 AM	1,1	1,1	1,0
130	12:35 AM	1,1	1,0	1,0
131	12:40 AM	1,0	1,0	1,0
132	12:45 AM	0,8	0,8	0,8
133	12:50 AM	0,7	0,8	0,7
134	12:55 AM	0,8	0,8	0,8
135	1:00 AM	1,2	1,0	1,0
136	1:05 AM	1,1	1,0	1,0
137	1:10 AM	1,1	1,0	1,0
138	1:15 AM	1,1	1,0	0,9
139	1:20 AM	1,1	1,1	0,9
140	1:25 AM	1,0	1,0	0,9
141	1:30 AM	1,2	1,2	1,1
142	1:35 AM	1,0	1,0	0,9
143	1:40 AM	1,0	1,0	1,0
144	1:45 AM	0,7	0,8	0,7
145	1:50 AM	0,9	0,9	0,9
146	1:55 AM	1,2	1,0	1,0
147	2:00 AM	1,2	1,1	1,0
148	2:05 AM	1,4	1,3	1,2
149	2:10 AM	1,1	1,1	0,9
150	2:15 AM	1,2	1,1	1,1
151	2:20 AM	1,2	1,2	1,1
152	2:25 AM	1,3	1,2	1,1
153	2:30 AM	1,1	1,0	1,0
154	2:35 AM	1,0	0,9	0,9
155	2:40 AM	0,9	0,8	0,8
156	2:45 AM	1,0	0,9	0,8
157	2:50 AM	1,2	1,1	1,0
158	2:55 AM	0,9	0,9	0,8
159	3:00 AM	0,9	0,8	0,8
160	3:05 AM	0,9	0,8	0,7
161	3:10 AM	1,1	0,9	0,9
162	3:15 AM	1,1	0,9	0,9
163	3:20 AM	1,3	1,1	1,1
164	3:25 AM	1,0	0,9	0,8
165	3:30 AM	1,2	1,1	1,0
166	3:35 AM	1,3	1,1	1,0
167	3:40 AM	1,1	0,9	0,9
168	3:45 AM	1,3	1,1	1,1

169	3:50 AM	1,3	1,1	1,0
170	3:55 AM	1,5	1,3	1,2
171	4:00 AM	1,2	1,1	1,0
172	4:05 AM	1,1	1,0	0,9
173	4:10 AM	1,2	1,0	0,9
174	4:15 AM	1,1	1,0	0,9
175	4:20 AM	1,2	1,1	0,9
176	4:25 AM	1,1	1,0	0,9
177	4:30 AM	1,2	1,0	1,0
178	4:35 AM	1,1	0,9	0,9
179	4:40 AM	0,6	0,5	0,6
180	4:45 AM	0,6	0,5	0,6
181	4:50 AM	0,7	0,6	0,6
182	4:55 AM	1,0	0,9	0,8
183	5:00 AM	1,2	1,1	1,0
184	5:05 AM	1,2	1,1	1,0
185	5:10 AM	1,1	0,9	0,9
186	5:15 AM	1,2	1,1	1,0
187	5:20 AM	0,8	0,8	0,7
188	5:25 AM	1,1	1,0	0,8
189	5:30 AM	1,1	1,0	0,9
190	5:35 AM	0,9	0,9	0,8
191	5:40 AM	1,1	1,0	0,9
192	5:45 AM	0,9	0,9	0,8
193	5:50 AM	1,0	0,9	0,8
194	5:55 AM	1,3	1,1	1,0
195	6:00 AM	1,1	1,0	0,8
196	6:05 AM	1,0	0,9	0,8
197	6:10 AM	0,8	0,8	0,7
198	6:15 AM	0,8	0,8	0,7
199	6:20 AM	0,7	0,9	0,8
200	6:25 AM	0,8	0,9	0,8
201	6:30 AM	0,6	0,7	0,6
202	6:35 AM	1,0	0,9	0,8
203	6:40 AM	1,2	1,1	0,9
204	6:45 AM	1,2	1,1	1,0
205	6:50 AM	1,1	1,0	0,9
206	6:55 AM	1,2	1,1	1,0
207	7:00 AM	1,0	0,9	0,8
208	7:05 AM	1,2	1,2	1,0
209	7:10 AM	1,2	1,2	1,0
210	7:15 AM	1,1	1,1	1,0
211	7:20 AM	1,0	1,0	0,9

**REGISTRO DE DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE CORRIENTE  
MEDIDOS EN LA CENTRAL ILLUCHI 2**

THD MÁXIMO DE CORRIENTE POR FASE				
FASE		A	B	C
N°	HORA	(%FUND)	(%FUND)	(%FUND)
1	1:35 PM	1,6	1,7	1,5
2	1:40 PM	1,6	1,6	1,4
3	1:45 PM	1,5	1,2	1,3
4	1:50 PM	1,5	1,3	1,4
5	1:55 PM	1,4	1,4	1,3
6	2:00 PM	1,5	1,4	1,4
7	2:05 PM	1,6	1,6	1,6
8	2:10 PM	1,4	1,5	1,5
9	2:15 PM	1,4	1,3	1,2
10	2:20 PM	1,4	1,5	1,4
11	2:25 PM	1,4	1,3	1,2
12	2:30 PM	1,3	1,3	1,2
13	2:35 PM	1,4	1,4	1,3
14	2:40 PM	1,3	1,3	1,2
15	2:45 PM	1,3	1,0	1,1
16	2:50 PM	1,3	1,1	1,1
17	2:55 PM	1,3	1,3	1,2
18	3:00 PM	1,2	1,3	1,1
19	3:05 PM	1,4	1,5	1,3
20	3:10 PM	1,3	1,2	1,2
21	3:15 PM	1,2	1,2	1,1
22	3:35 PM	1,3	1,2	1,2
23	3:40 PM	1,1	1,2	1,1
24	3:45 PM	1,2	1,3	1,1
25	3:50 PM	1,3	1,1	1,2
26	3:55 PM	1,3	1,1	1,1
27	4:00 PM	1,2	1,1	1,1
28	4:05 PM	1,1	1,3	1,2
29	4:10 PM	1,1	1,2	1,0
30	4:15 PM	1,1	1,1	1,0
31	4:20 PM	1,2	1,1	1,0
32	4:25 PM	1,2	1,3	1,2
33	4:30 PM	1,1	1,4	1,1
34	4:35 PM	1,1	1,2	1,0
35	4:40 PM	1,1	1,3	1,1
36	4:45 PM	1,1	1,0	0,9
37	4:50 PM	1,2	1,1	1,0
38	4:55 PM	1,1	1,1	1,0
39	5:00 PM	1,1	1,3	1,1
40	5:05 PM	1,2	1,4	1,2
41	5:10 PM	1,1	1,0	0,9
42	5:15 PM	1,2	1,1	1,0
43	5:20 PM	1,2	1,1	1,1
44	5:25 PM	1,2	1,2	1,1
45	5:30 PM	1,2	1,5	1,2
46	5:35 PM	1,2	1,4	1,2
47	5:40 PM	1,1	1,4	1,1
48	5:45 PM	1,2	1,1	1,0
49	5:50 PM	1,2	1,4	1,2
50	5:55 PM	1,2	1,3	1,1
51	6:00 PM	1,3	1,2	1,1
52	6:05 PM	1,2	1,2	1,1
53	6:10 PM	1,3	1,3	1,2
54	6:15 PM	1,3	1,2	1,2
55	6:20 PM	1,3	1,2	1,2
56	6:25 PM	1,3	1,4	1,3

57	6:30 PM	1,2	1,4	1,3
58	6:35 PM	1,2	1,4	1,2
59	6:40 PM	1,4	1,5	1,3
60	6:45 PM	1,4	1,3	1,3
61	6:50 PM	1,4	1,3	1,3
62	6:55 PM	1,5	1,5	1,5
63	7:00 PM	1,5	1,6	1,4
64	7:05 PM	1,6	1,8	1,7
65	7:10 PM	1,5	1,7	1,5
66	7:15 PM	1,6	1,5	1,5
67	7:20 PM	1,6	1,6	1,6
68	7:25 PM	1,5	1,5	1,4
69	7:30 PM	1,6	1,9	1,7
70	7:35 PM	1,6	1,9	1,6
71	7:40 PM	1,7	1,9	1,7
72	7:45 PM	1,7	1,7	1,5
73	7:50 PM	1,5	1,4	1,3
74	7:55 PM	1,5	1,7	1,4
75	8:00 PM	1,5	1,8	1,5
76	8:05 PM	1,5	1,8	1,5
77	8:10 PM	1,7	1,5	1,4
78	8:15 PM	1,5	1,5	1,2
79	8:20 PM	1,5	1,6	1,4
80	8:25 PM	1,6	1,5	1,3
81	8:30 PM	1,4	1,4	1,2
82	8:35 PM	1,7	1,4	1,3
83	8:40 PM	1,4	1,5	1,2
84	8:45 PM	1,3	1,3	1,2
85	8:50 PM	1,5	1,5	1,2
86	8:55 PM	1,4	1,4	1,2
87	9:00 PM	1,4	1,3	1,2
88	9:05 PM	1,5	1,4	1,2
89	9:10 PM	1,5	1,4	1,3
90	9:15 PM	1,5	1,4	1,3
91	9:20 PM	1,4	1,4	1,3
92	9:25 PM	1,4	1,3	1,1
93	9:30 PM	1,4	1,3	1,1
94	9:35 PM	1,4	1,4	1,2
95	9:40 PM	1,4	1,3	1,1
96	9:45 PM	1,6	1,6	1,4
97	9:50 PM	1,5	1,4	1,3
98	9:55 PM	1,5	1,3	1,2
99	10:00 PM	1,3	1,2	1,0
100	10:05 PM	1,4	1,6	1,3
101	10:10 PM	1,4	1,6	1,3
102	10:15 PM	1,4	1,6	1,3
103	10:20 PM	1,4	1,2	1,2
104	10:25 PM	1,4	1,6	1,3
105	10:30 PM	1,3	1,5	1,3
106	10:35 PM	1,3	1,6	1,2
107	10:40 PM	1,4	1,7	1,2
108	10:45 PM	1,4	1,6	1,3
109	10:50 PM	1,5	1,9	1,5
110	10:55 PM	1,5	1,7	1,4
111	11:00 PM	1,4	1,2	1,2
112	11:05 PM	1,4	1,6	1,4
113	11:10 PM	1,3	1,6	1,3
114	11:15 PM	1,4	1,6	1,2
115	11:20 PM	1,6	1,8	1,5
116	11:25 PM	1,3	1,5	1,2



117	11:30 PM	1,5	1,8	1,4
118	11:35 PM	1,5	1,7	1,4
119	11:40 PM	1,4	1,6	1,3
120	11:45 PM	1,4	1,6	1,3
121	11:50 PM	1,4	1,6	1,2
122	11:55 PM	1,4	1,5	1,2
123	12:00 AM	1,3	1,5	1,2
124	12:05 AM	1,4	1,6	1,3
125	12:10 AM	1,6	1,5	1,4
126	12:15 AM	1,4	1,7	1,3
127	12:20 AM	1,6	1,8	1,5
128	12:25 AM	1,5	1,7	1,4
129	12:30 AM	1,4	1,6	1,3
130	12:35 AM	1,3	1,2	1,1
131	12:40 AM	1,4	1,7	1,3
132	12:45 AM	1,3	1,6	1,2
133	12:50 AM	1,3	1,4	1,0
134	12:55 AM	1,3	1,2	1,0
135	1:00 AM	1,4	1,3	1,2
136	1:05 AM	1,4	1,2	1,2
137	1:10 AM	1,5	1,3	1,2
138	1:15 AM	1,4	1,6	1,3
139	1:20 AM	1,3	1,6	1,2
140	1:25 AM	1,4	1,6	1,2
141	1:30 AM	1,5	1,5	1,3
142	1:35 AM	1,4	1,6	1,4
143	1:40 AM	1,4	1,2	1,1
144	1:45 AM	1,3	1,5	1,1
145	1:50 AM	1,3	1,2	1,1
146	1:55 AM	1,4	1,6	1,3
147	2:00 AM	1,4	1,6	1,3
148	2:05 AM	1,5	1,6	1,3
149	2:10 AM	1,4	1,6	1,3
150	2:15 AM	1,4	1,6	1,3
151	2:20 AM	1,5	1,7	1,3
152	2:25 AM	1,5	1,6	1,3
153	2:30 AM	1,4	1,6	1,3
154	2:35 AM	1,3	1,5	1,3
155	2:40 AM	1,3	1,5	1,2
156	2:45 AM	1,5	1,6	1,4
157	2:50 AM	1,4	1,7	1,3
158	2:55 AM	1,3	1,1	1,0
159	3:00 AM	1,3	1,1	1,0
160	3:05 AM	1,3	1,0	1,0
161	3:10 AM	1,4	1,2	1,2
162	3:15 AM	1,4	1,1	1,2
163	3:20 AM	1,4	1,3	1,2
164	3:25 AM	1,4	1,1	1,0
165	3:30 AM	1,3	1,1	1,1

166	3:35 AM	1,3	1,1	1,1
167	3:40 AM	1,3	1,0	1,1
168	3:45 AM	1,4	1,2	1,3
169	3:50 AM	1,4	1,2	1,2
170	3:55 AM	1,6	1,4	1,5
171	4:00 AM	1,5	1,3	1,3
172	4:05 AM	1,4	1,2	1,2
173	4:10 AM	1,4	1,2	1,3
174	4:15 AM	1,5	1,3	1,4
175	4:20 AM	1,4	1,2	1,3
176	4:25 AM	1,4	1,2	1,2
177	4:30 AM	1,4	1,2	1,3
178	4:35 AM	1,3	1,2	1,2
179	4:40 AM	1,3	1,0	1,0
180	4:45 AM	1,3	1,1	1,1
181	4:50 AM	1,4	1,1	1,1
182	4:55 AM	1,4	1,1	1,2
183	5:00 AM	1,4	1,2	1,4
184	5:05 AM	1,4	1,3	1,4
185	5:10 AM	1,3	1,3	1,2
186	5:15 AM	1,4	1,2	1,3
187	5:20 AM	1,3	1,1	1,1
188	5:25 AM	1,3	1,3	1,2
189	5:30 AM	1,3	1,3	1,3
190	5:35 AM	1,3	1,4	1,3
191	5:40 AM	1,4	1,5	1,3
192	5:45 AM	1,3	1,3	1,2
193	5:50 AM	1,4	1,5	1,3
194	5:55 AM	1,5	1,5	1,6
195	6:00 AM	1,4	1,6	1,6
196	6:05 AM	1,4	1,5	1,4
197	6:10 AM	1,4	1,3	1,2
198	6:15 AM	1,3	1,4	1,2
199	6:20 AM	1,3	1,3	1,2
200	6:25 AM	1,2	1,2	1,1
201	6:30 AM	1,2	1,0	1,0
202	6:35 AM	1,3	1,2	1,2
203	6:40 AM	1,4	1,3	1,4
204	6:45 AM	1,4	1,3	1,4
205	6:50 AM	1,4	1,6	1,4
206	6:55 AM	1,4	1,5	1,4
207	7:00 AM	1,3	1,4	1,2
208	7:05 AM	1,5	1,5	1,4
209	7:10 AM	1,4	1,3	1,4
210	7:15 AM	1,4	1,3	1,4
211	7:20 AM	1,3	1,4	1,3

## **ANEXO C.1**

### **Calibración de Monitoreo Medición 1 y 2**

# CALIBRACIÓN DE MONITOREO - 1º MEDICIÓN

28 de diciembre de 2012

CONFIG\_I\_1.SET

Configuración de entrada | Transitorios | Variaciones RMS | Captura de Forma de Onda | Límites de los Periódicos | Intervalo Periódico

Tipo de instrumento: PowerXplorer PX5

Nombre del Sitio: Power Xplorer Site | Versión: 2.2.0

Seleccionar Tipo de Conexión: Trifásica en Estrella

Modo de Monitoreo:  
Calidad de Potencia, Demanda, Energía normal  
Corriente Inicio  
Grabador de fallas  
Lectura de Tiempo Largo plazo, Demanda, Energía  
Grabación Continua de Datos, Energía, Demanda  
EN50160 Calidad de Potencia  
Calidad de Motor

Selección de Pinza:  
 Habilitar Corrientes |  Programar Idéntico

Tipo:  
A: LEMFlex RR.3035A (Range2), 300A  
B: LEMFlex RR.3035A (Range2), 300A  
C: LEMFlex RR.3035A (Range2), 300A  
D: LEMFlex RR.3035A (Range2), 300A

Valores nominales:  
Frecuencia Nominal: 60 Hz | Seguimiento...  
Tensión Nominal: 1412,39 Voltios  
Corriente Nominal: 188,407 Corriente

Factores de Escala:

	Voltios	Corriente
A	11	1
B	11	1
C	11	1
D	1	1

Presione aquí para crear una pre configuración

CONFIG\_I2\_1.SET

Configuración de entrada | Transitorios | Variaciones RMS | Captura de Forma de Onda | Límites de los Periódicos | Intervalo Periódico

Tipo de instrumento: PowerXplorer PX5

Nombre del Sitio: Power Xplorer Site | Versión: 2.2.0

Seleccionar Tipo de Conexión: Trifásica en Estrella

Modo de Monitoreo:  
Calidad de Potencia, Demanda, Energía normal  
Corriente Inicio  
Grabador de fallas  
Lectura de Tiempo Largo plazo, Demanda, Energía  
Grabación Continua de Datos, Energía, Demanda  
EN50160 Calidad de Potencia  
Calidad de Motor

Selección de Pinza:  
 Habilitar Corrientes |  Programar Idéntico

Tipo:  
A: LEMFlex RR.3035A (Range3), 3000A  
B: LEMFlex RR.3035A (Range3), 3000A  
C: LEMFlex RR.3035A (Range3), 3000A  
D: LEMFlex RR.3035A (Range3), 3000A

Valores nominales:  
Frecuencia Nominal: 60 Hz | Seguimiento...  
Tensión Nominal: 1401,82 Voltios  
Corriente Nominal: 504,378 Corriente

Factores de Escala:

	Voltios	Corriente
A	11	1
B	11	1
C	11	1
D	11	1

Presione aquí para crear una pre configuración

# CALIBRACIÓN DE MONITOREO - 2º MEDICIÓN

29 de enero de 2013

Power Xplorer gn1\_00.SET

Configuración de entrada: Transitorios Variaciones RMS Captura de Forma de Onda Limites de los Periódicos Intervalo Periódico

Tipo de instrumento: PowerXplorer PX5

Nombre del Sitio: Power Xplorer gn1 Versión: 2.2.0

Modo de Monitoreo:
 

- Calidad de Potencia, Demanda, Energía normal
- Corriente Inicio
- Grabador de fallas
- Lectura de Tiempo Largo plazo, Demanda, Energía
- Grabación Continua de Datos, Energía, Demanda
- EN50160 Calidad de Potencia
- Calidad de Motor

Selección de Pinza:
 

- Habilitar Corrientes  Programar Idéntico
- Tipo:
  - A: LEMFlex RR3035A (Range3), 3000A
  - B: LEMFlex RR3035A (Range3), 3000A
  - C: LEMFlex RR3035A (Range3), 3000A
  - D: LEMFlex RR3035A (Range3), 3000A

Factores de Escala:
 

	Voltios	Corriente
A	12	1
B	12	1
C	12	1
D	12	1

Valores nominales:
 

- Frecuencia Nominal: 60 Hz [Seguimiento...](#)
- Tensión Nominal: 1508,74 Voltios
- Corriente Nominal: 306,639 Corriente

Trifásica en Estrella

Presione aquí para crear una pre configuración

M\_I2\_2.SET

Configuración de entrada: Transitorios Variaciones RMS Captura de Forma de Onda Limites de los Periódicos Intervalo Periódico

Tipo de instrumento: PowerXplorer PX5

Nombre del Sitio: Power Xplorer gn2 Versión: 2.2.0

Modo de Monitoreo:
 

- Calidad de Potencia, Demanda, Energía normal
- Corriente Inicio
- Grabador de fallas
- Lectura de Tiempo Largo plazo, Demanda, Energía
- Grabación Continua de Datos, Energía, Demanda
- EN50160 Calidad de Potencia
- Calidad de Motor

Selección de Pinza:
 

- Habilitar Corrientes  Programar Idéntico
- Tipo:
  - A: LEMFlex RR3035A (Range3), 3000A
  - B: LEMFlex RR3035A (Range3), 3000A
  - C: LEMFlex RR3035A (Range3), 3000A
  - D: LEMFlex RR3035A (Range3), 3000A

Factores de Escala:
 

	Voltios	Corriente
A	11	1
B	11	1
C	11	1
D	11	1

Valores nominales:
 

- Frecuencia Nominal: 60 Hz [Seguimiento...](#)
- Tensión Nominal: 1429,21 Voltios
- Corriente Nominal: 359,372 Corriente

Trifásica en Estrella

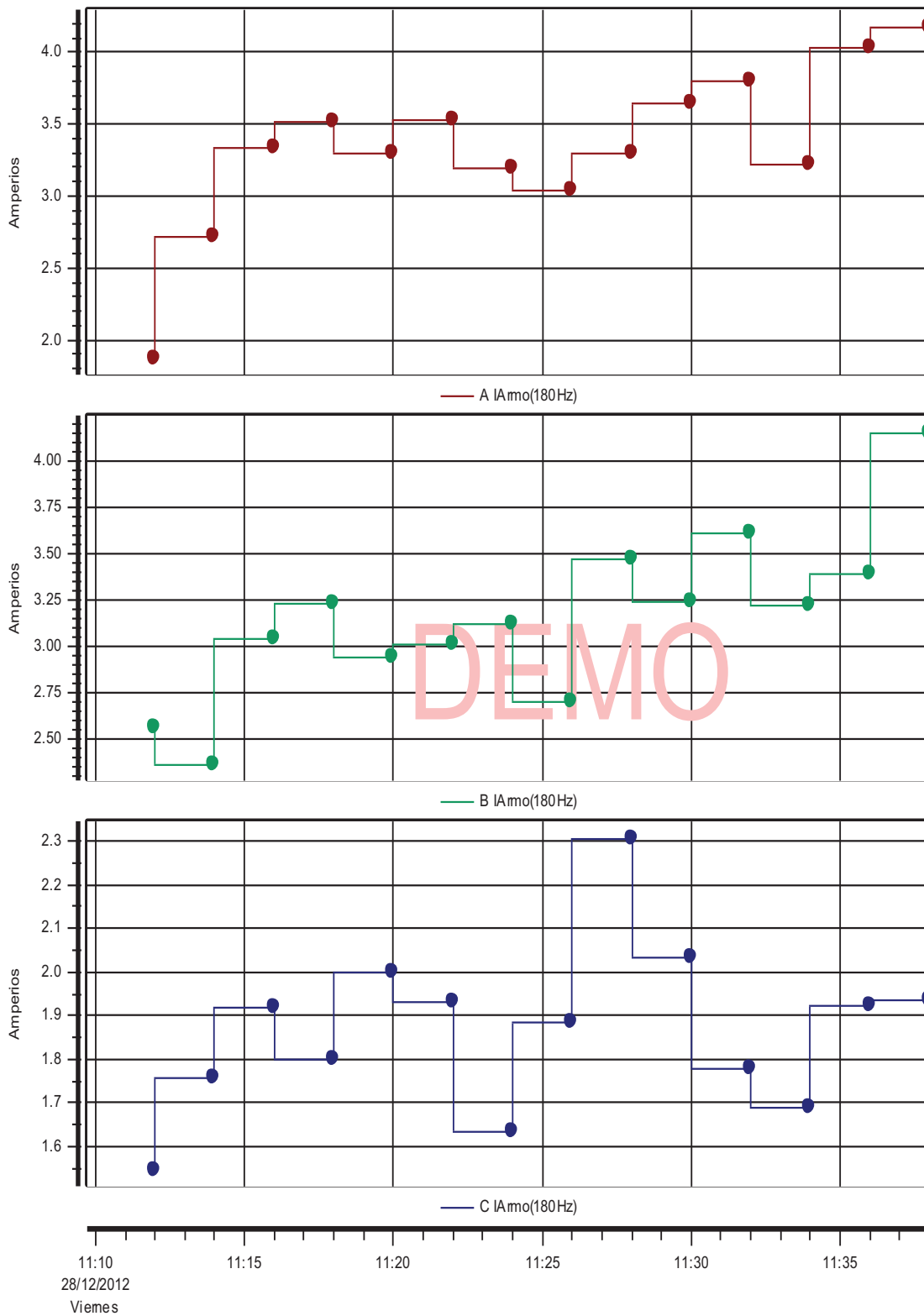
Presione aquí para crear una pre configuración

## **ANEXO C.2**

**Gráficas de Contenido Armónico de 3º, 5º y 7º Orden en las  
Centrales Hidroeléctricas Illuchi 1 e Illuchi 2**

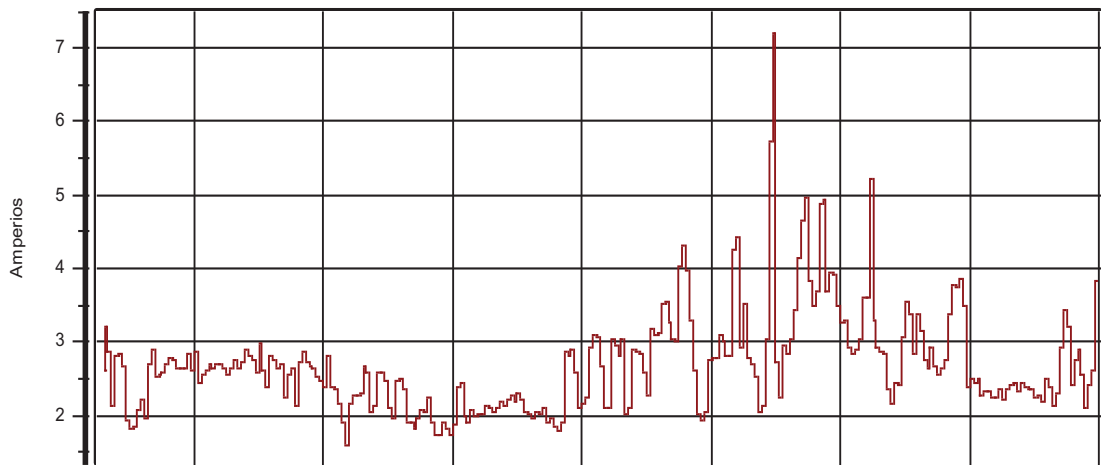
# MAGNITUD DEL ARMÓNICO DE 3<sup>er</sup> ORDEN - MEDICIÓN 1

28 de diciembre de 2012

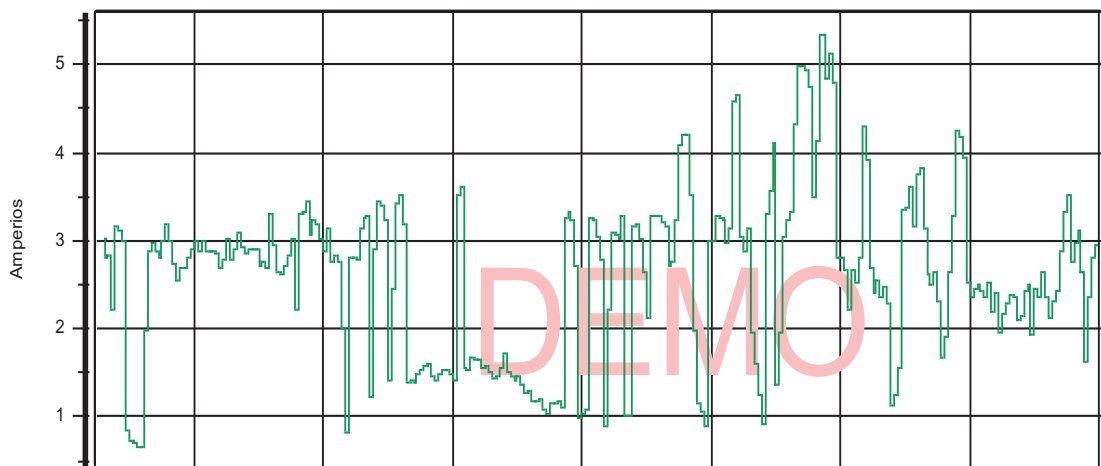


# MAGNITUD DEL ARMÓNICO DE 3<sup>er</sup> ORDEN - MEDICIÓN 2

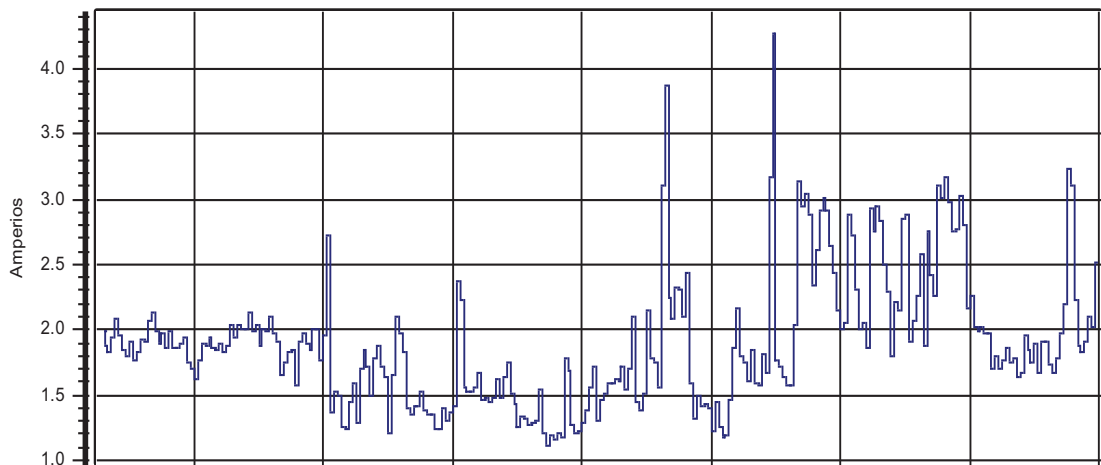
29 de enero de 2013



A IAmo(180Hz)



B IAmo(180Hz)

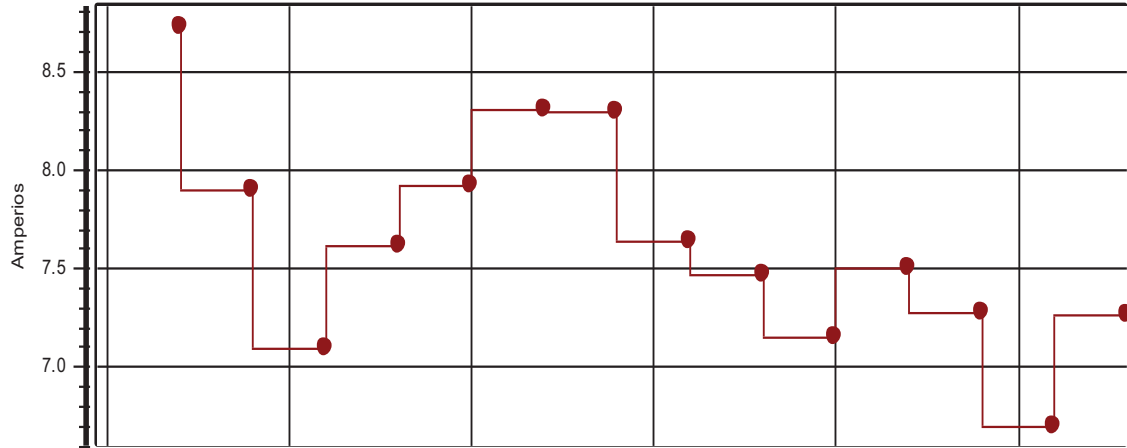


C IAmo(180Hz)

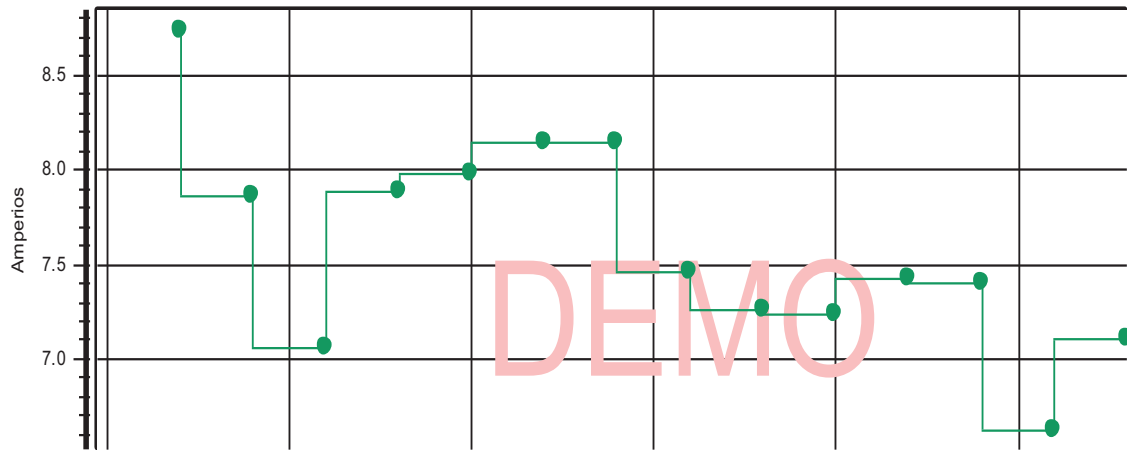
15:00 18:00 21:00 00:00 03:00 06:00 09:00 12:00  
28/01/2013 29/01/2013  
Lunes Martes

# MAGNITUD DEL ARMÓNICO DE 5<sup>to</sup> ORDEN - MEDICIÓN 1

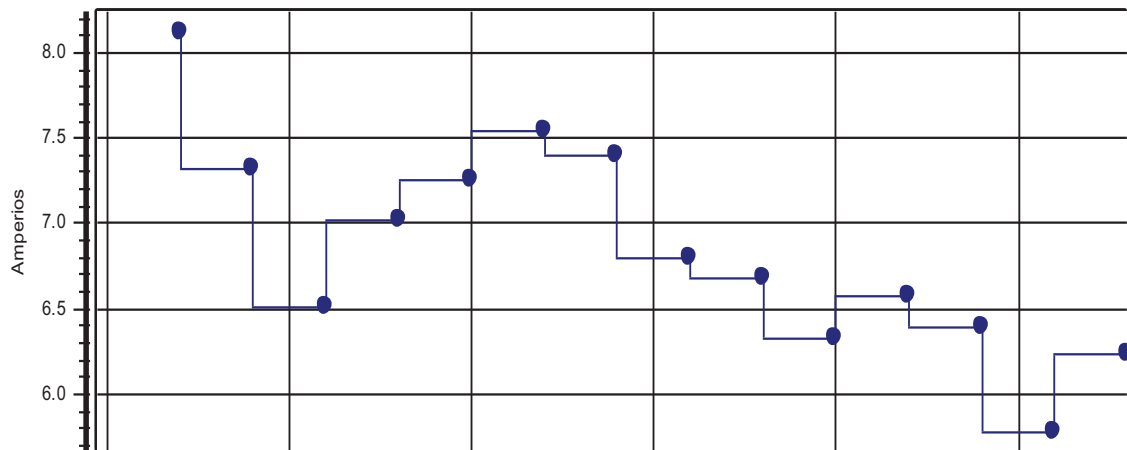
28 de diciembre de 2012



A IAmo(300Hz)



B IAmo(300Hz)



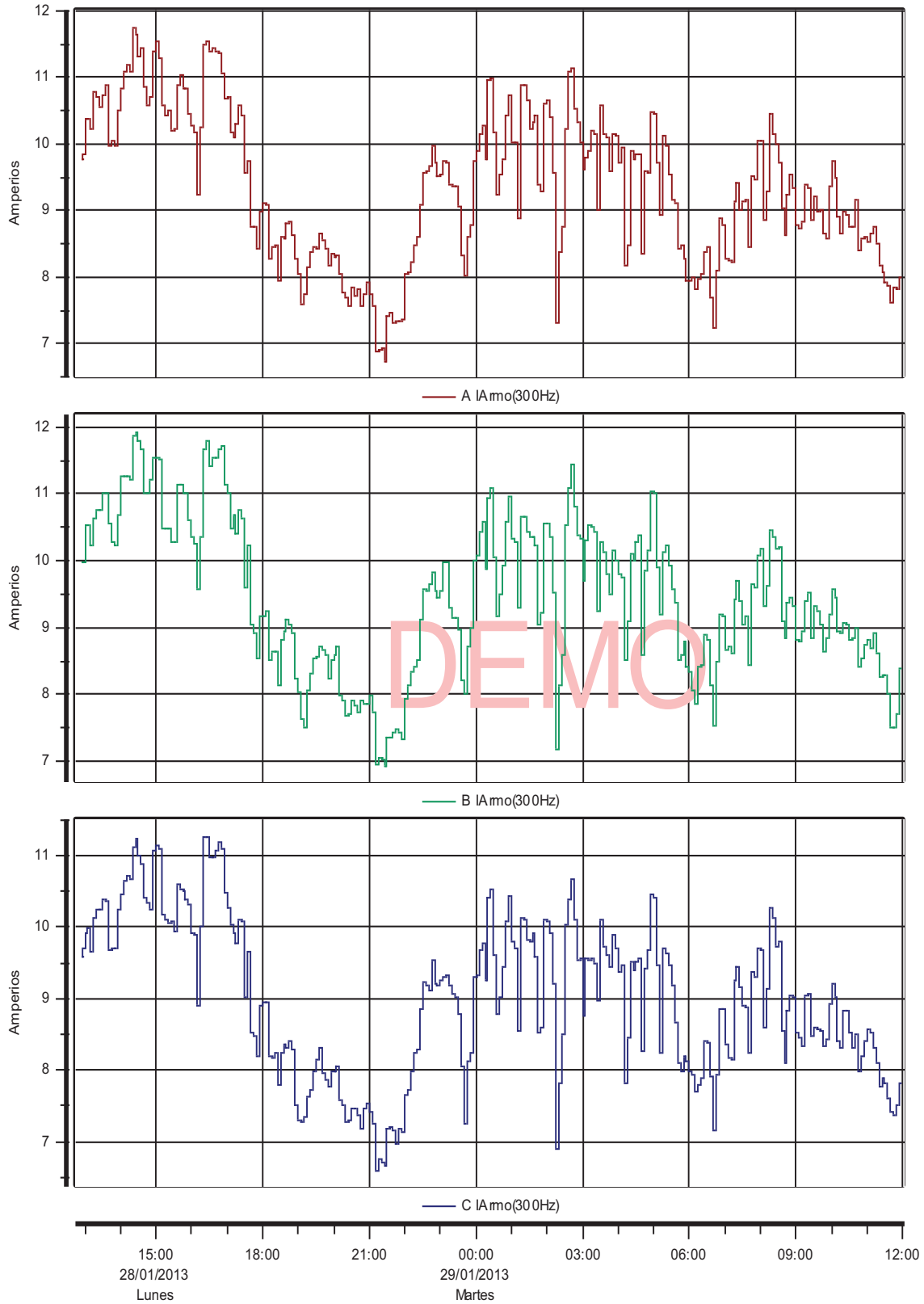
C IAmo(300Hz)

11:10  
28/12/2012  
Viernes



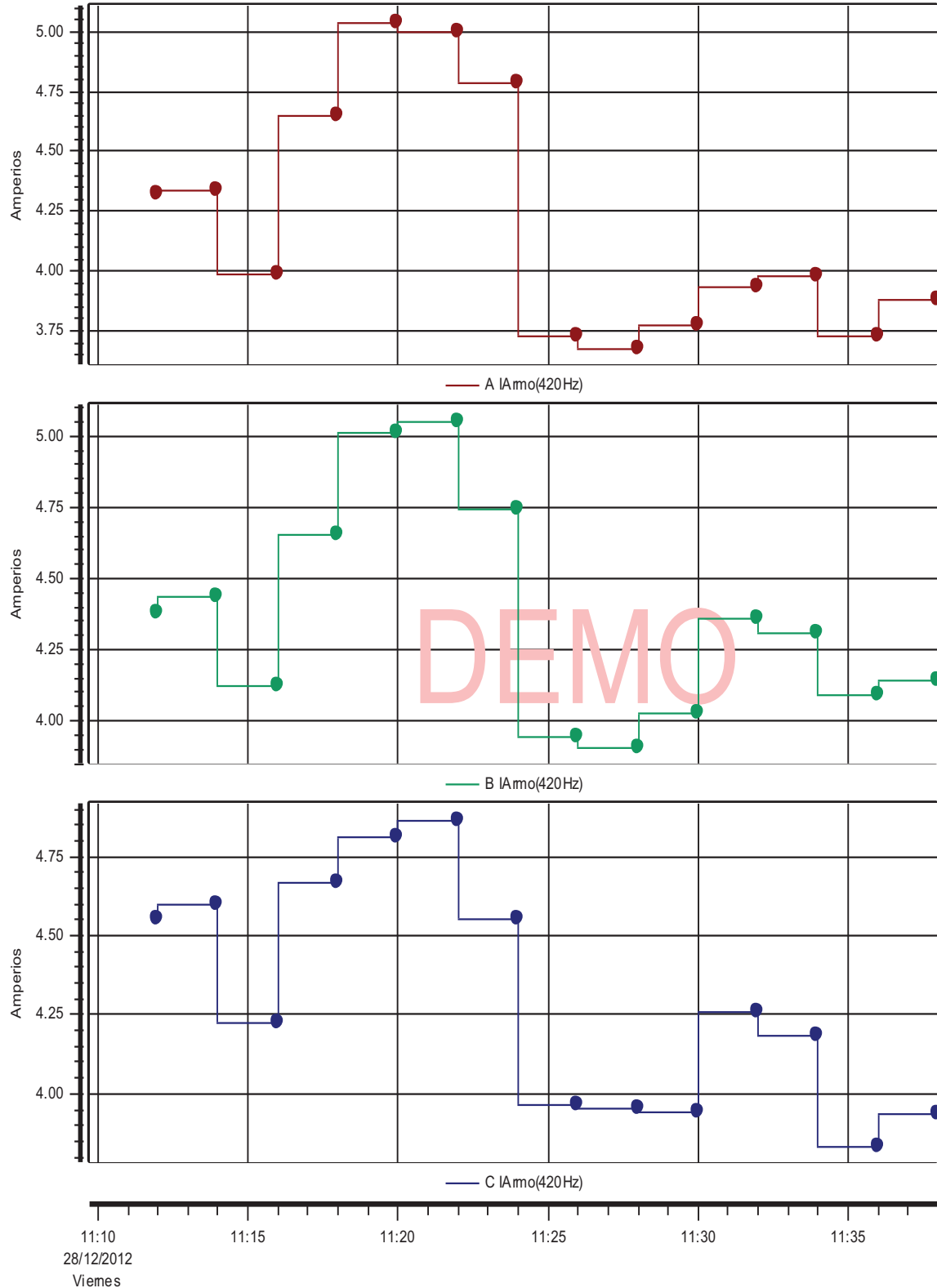
# MAGNITUD DEL ARMÓNICO DE 5<sup>to</sup> ORDEN - MEDICIÓN 2

29 de enero de 2013



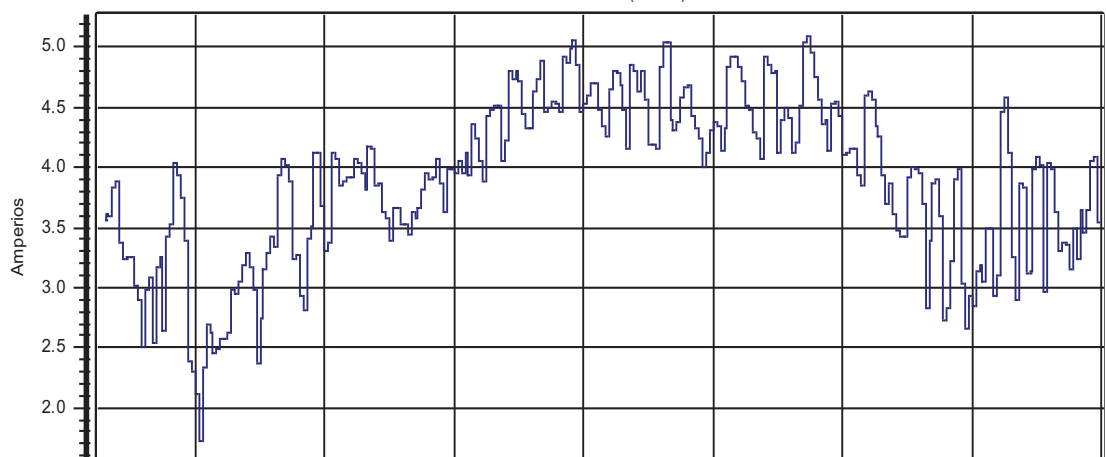
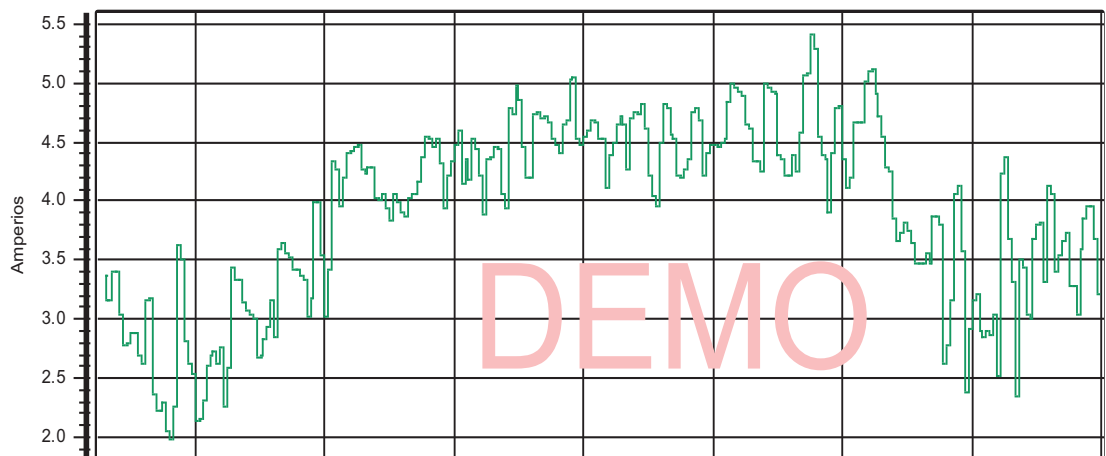
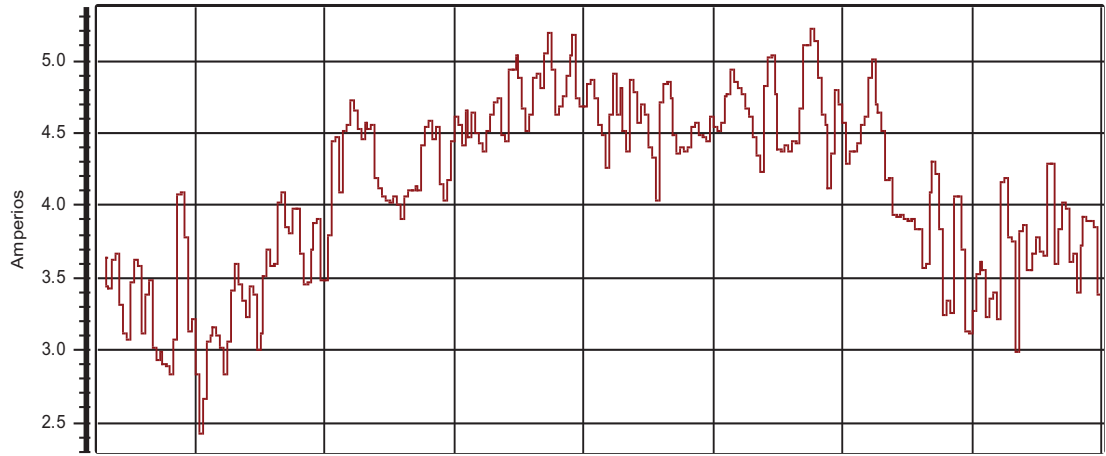
# MAGNITUD DEL ARMÓNICO DE 7<sup>mo</sup> ORDEN - MEDICIÓN 1

28 de diciembre de 2012



# MAGNITUD DEL ARMÓNICO DE 7<sup>mo</sup> ORDEN - MEDICIÓN 2

29 de enero de 2013



15:00 18:00 21:00 00:00 03:00 06:00 09:00 12:00  
28/01/2013 29/01/2013  
Lunes Martes

## **ANEXO C.3**

### **Medición de Distorsión Armónica en la Subestación se Distribución El Calvario**

# VALORES PARA 24 HORAS DE THD DE VOLTAJE Y CORRIENTE EN LA SUBESTACIÓN EL CALVARIO

04 al 06 de julio de 2013

Fecha / Hora	V1 THD	V2 THD	V3 THD	I1 THD	I2 THD	I3 THD
	(%FUND)	(%FUND)	(%FUND)	(%FUND)	(%FUND)	(%FUND)
06/07/2013 17:00	2,45	2,70	2,70	18,76	20,34	26,65
06/07/2013 16:00	2,15	2,10	2,35	16,32	19,57	24,81
06/07/2013 15:00	2,21	2,30	2,65	14,62	16,28	21,37
06/07/2013 14:00	2,68	2,61	3,08	17,05	20,04	25,69
06/07/2013 13:00	2,23	2,45	2,72	16,55	19,10	24,44
06/07/2013 12:00	2,65	2,47	2,83	16,20	18,82	23,97
06/07/2013 11:00	1,91	1,91	2,21	13,01	14,19	17,71
06/07/2013 10:00	2,24	2,29	2,51	13,20	15,88	19,94
06/07/2013 9:00	2,47	2,06	2,21	14,25	15,89	20,23
06/07/2013 8:00	2,03	2,18	2,56	15,46	17,54	21,65
06/07/2013 7:00	2,72	2,62	2,82	15,65	17,91	21,73
06/07/2013 6:00	2,71	3,06	2,98	13,00	14,26	16,69
06/07/2013 5:00	2,62	2,36	2,82	14,18	14,99	17,24
06/07/2013 4:00	2,24	2,16	2,64	12,60	13,88	16,05
06/07/2013 3:00	2,71	2,56	3,01	13,21	14,92	16,31
06/07/2013 2:00	2,33	2,26	2,76	13,87	13,96	16,70
06/07/2013 1:00	2,32	2,21	2,66	14,23	14,34	17,89
06/07/2013 0:00	2,91	2,72	2,63	14,14	15,75	18,34
05/07/2013 23:00	2,86	2,92	2,69	15,44	16,43	20,27
05/07/2013 22:00	1,97	2,11	2,16	14,36	16,12	19,89
05/07/2013 21:00	1,96	2,13	2,25	15,55	16,57	20,86
05/07/2013 20:00	1,98	2,14	2,21	14,10	15,46	19,17
05/07/2013 19:00	1,78	1,90	1,97	15,51	18,28	21,67
05/07/2013 18:00	1,99	2,06	2,38	18,65	20,06	25,13
05/07/2013 17:00	2,68	2,30	2,45	16,89	18,78	24,57
05/07/2013 16:00	2,06	2,08	2,18	16,17	17,78	22,54
05/07/2013 15:00	2,40	2,44	2,72	16,81	18,98	23,82
05/07/2013 14:00	2,11	2,13	2,32	15,36	17,72	23,23
05/07/2013 13:00	2,02	1,99	2,40	15,44	18,81	23,74
05/07/2013 12:00	1,83	1,85	2,06	14,94	16,12	19,98
05/07/2013 11:00	2,01	2,02	2,37	15,64	17,34	22,38
05/07/2013 10:00	2,07	1,94	2,27	15,24	15,95	20,71
05/07/2013 9:00	1,88	1,83	2,05	13,82	15,66	20,02
05/07/2013 8:00	1,75	1,80	2,12	13,38	16,24	21,24
05/07/2013 7:00	2,27	2,41	2,53	12,70	14,07	16,82
05/07/2013 6:00	2,43	2,34	2,67	13,92	13,43	18,16
05/07/2013 5:00	2,62	2,38	2,77	14,57	16,13	18,69
05/07/2013 4:00	2,42	2,18	2,43	12,19	13,71	15,47
05/07/2013 3:00	2,38	2,16	2,53	12,57	13,12	16,96
05/07/2013 2:00	2,29	2,12	2,21	12,42	12,60	16,59
05/07/2013 1:00	2,66	2,38	2,81	14,77	16,39	18,97
05/07/2013 0:00	2,53	2,32	2,92	13,45	14,81	17,63
04/07/2013 23:00	2,49	2,84	2,49	15,15	16,70	19,76
04/07/2013 22:00	2,01	2,24	2,20	14,11	16,68	19,54
04/07/2013 21:00	2,01	2,24	2,26	15,06	16,70	20,63
04/07/2013 20:00	1,95	2,11	2,15	13,27	14,46	18,21
04/07/2013 19:00	1,61	1,69	1,81	12,54	14,21	16,78
04/07/2013 18:00	1,94	2,06	2,36	17,05	19,07	24,26
04/07/2013 17:00	2,14	2,22	2,58	16,02	18,63	23,63

# VALORES DE CORRIENTES ARMÓNICAS PARA DEMANDA MÁXIMA FASE 1

**04 al 06 de julio de 2013**

Date/Time	I1 HD 5	I1 HD 7	I1 HD 11	I1 HD 13
04/07/2013 17:00:00.000	6,02	10,12	1,29	0,58
04/07/2013 18:00:00.000	6,12	1,04	4,99	1,70
04/07/2013 19:00:00.000	3,57	4,06	0,35	0,50
04/07/2013 20:00:00.000	2,32	7,66	3,26	1,34
04/07/2013 21:00:00.000	4,74	9,45	2,97	0,92
04/07/2013 22:00:00.000	5,07	9,56	3,13	1,16
04/07/2013 23:00:00.000	5,36	9,21	1,62	0,46
05/07/2013 0:00:00.000	4,16	6,42	2,19	0,67
05/07/2013 1:00:00.000	2,27	5,18	1,73	0,63
05/07/2013 2:00:00.000	2,95	4,68	1,53	0,50
05/07/2013 3:00:00.000	2,20	5,80	2,31	0,25
05/07/2013 4:00:00.000	2,89	5,31	1,09	0,52
05/07/2013 5:00:00.000	4,87	6,80	3,96	1,51
05/07/2013 6:00:00.000	4,03	7,52	2,01	0,69
05/07/2013 7:00:00.000	4,61	7,05	0,93	0,51
05/07/2013 8:00:00.000	2,05	5,17	1,92	0,95
05/07/2013 9:00:00.000	3,06	8,16	1,43	0,82
05/07/2013 10:00:00.000	5,79	11,64	1,65	0,67
05/07/2013 11:00:00.000	2,34	7,03	2,15	0,95
05/07/2013 12:00:00.000	3,09	5,13	0,94	0,54
05/07/2013 13:00:00.000	0,44	7,14	3,03	1,35
05/07/2013 14:00:00.000	2,51	7,19	2,33	1,37
05/07/2013 15:00:00.000	1,65	6,82	1,69	0,63
05/07/2013 16:00:00.000	2,60	8,05	1,70	0,92
05/07/2013 17:00:00.000	3,69	10,37	3,90	1,47
05/07/2013 18:00:00.000	4,21	3,62	2,11	1,29
05/07/2013 19:00:00.000	4,63	9,07	3,16	0,86
05/07/2013 20:00:00.000	3,77	8,03	1,97	0,71
05/07/2013 21:00:00.000	6,12	10,90	1,21	0,59
05/07/2013 22:00:00.000	5,47	8,86	2,60	1,37
05/07/2013 23:00:00.000	1,78	7,87	0,71	0,18
06/07/2013 0:00:00.000	3,26	5,94	1,97	0,74
06/07/2013 1:00:00.000	4,44	6,48	0,93	0,18
06/07/2013 2:00:00.000	5,43	8,80	1,51	0,06
06/07/2013 3:00:00.000	2,17	6,39	2,66	0,66
06/07/2013 4:00:00.000	1,75	4,15	1,83	1,16
06/07/2013 5:00:00.000	3,51	7,07	3,70	1,27
06/07/2013 6:00:00.000	6,71	7,99	2,62	1,26
06/07/2013 7:00:00.000	2,10	6,05	1,80	1,39
06/07/2013 8:00:00.000	5,25	10,73	1,78	1,07
06/07/2013 9:00:00.000	3,15	6,70	0,67	1,07
06/07/2013 10:00:00.000	3,94	6,10	3,31	1,22
06/07/2013 11:00:00.000	2,96	6,70	1,34	0,55
06/07/2013 12:00:00.000	4,84	12,61	4,18	1,72
06/07/2013 13:00:00.000	5,00	11,18	4,18	1,93
06/07/2013 14:00:00.000	3,04	9,11	3,27	1,29
06/07/2013 15:00:00.000	0,75	6,46	2,45	1,53
06/07/2013 16:00:00.000	6,71	8,98	2,03	1,39
06/07/2013 17:00:00.000	1,98	5,98	1,40	0,59

## **ANEXO D**

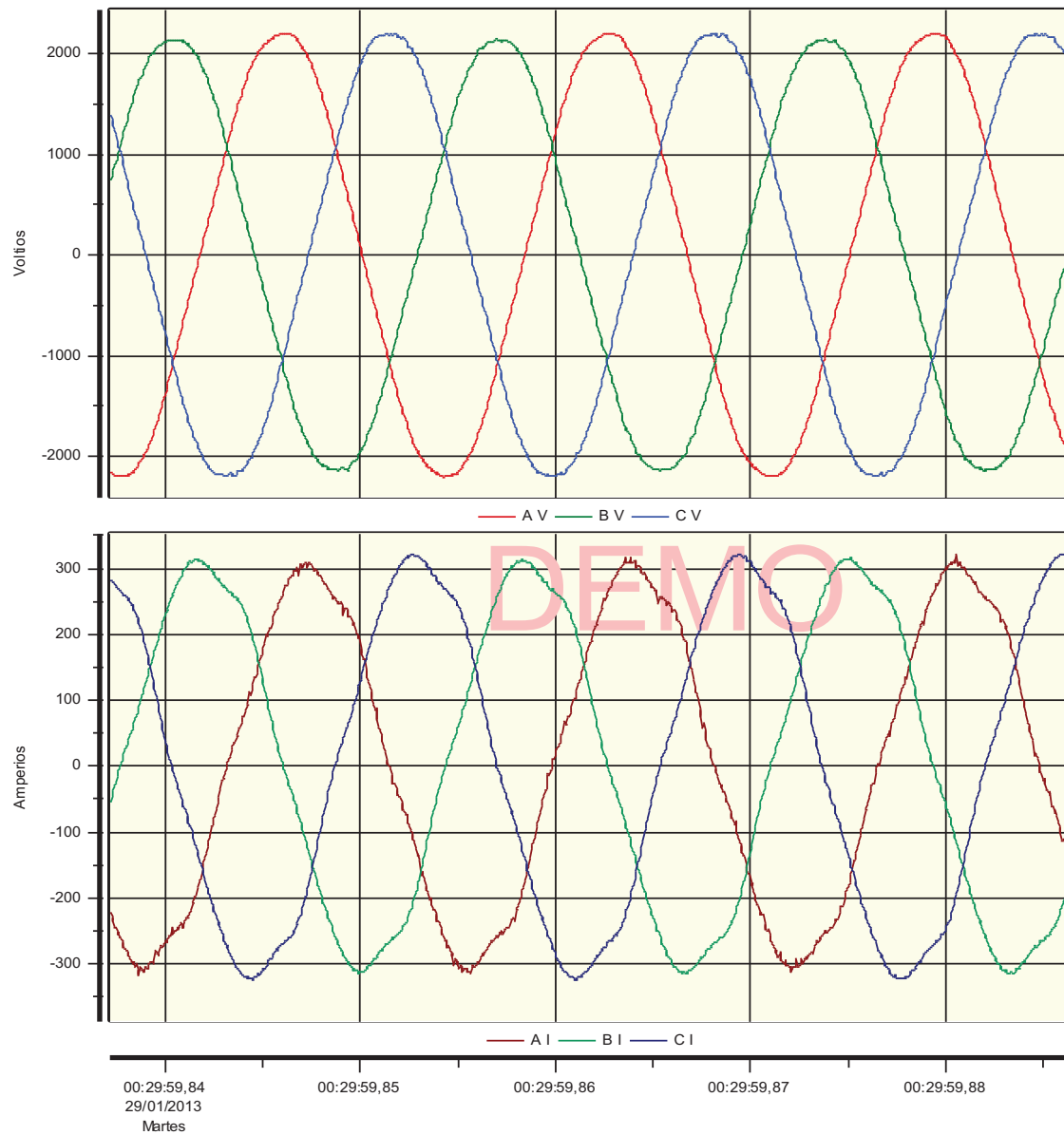
### **Formas de Onda de Mediciones de Distorsión**

#### **Illuchi 1 e Illuchi 2**

# DIAGRAMA DE FORMA DE ONDA DE VOLTAJE Y CORRIENTE

## ILLUCHI 1

29-01-2013 00:29:59



Evento #711 a 29/01/2013 00:29:59,800

Configurado

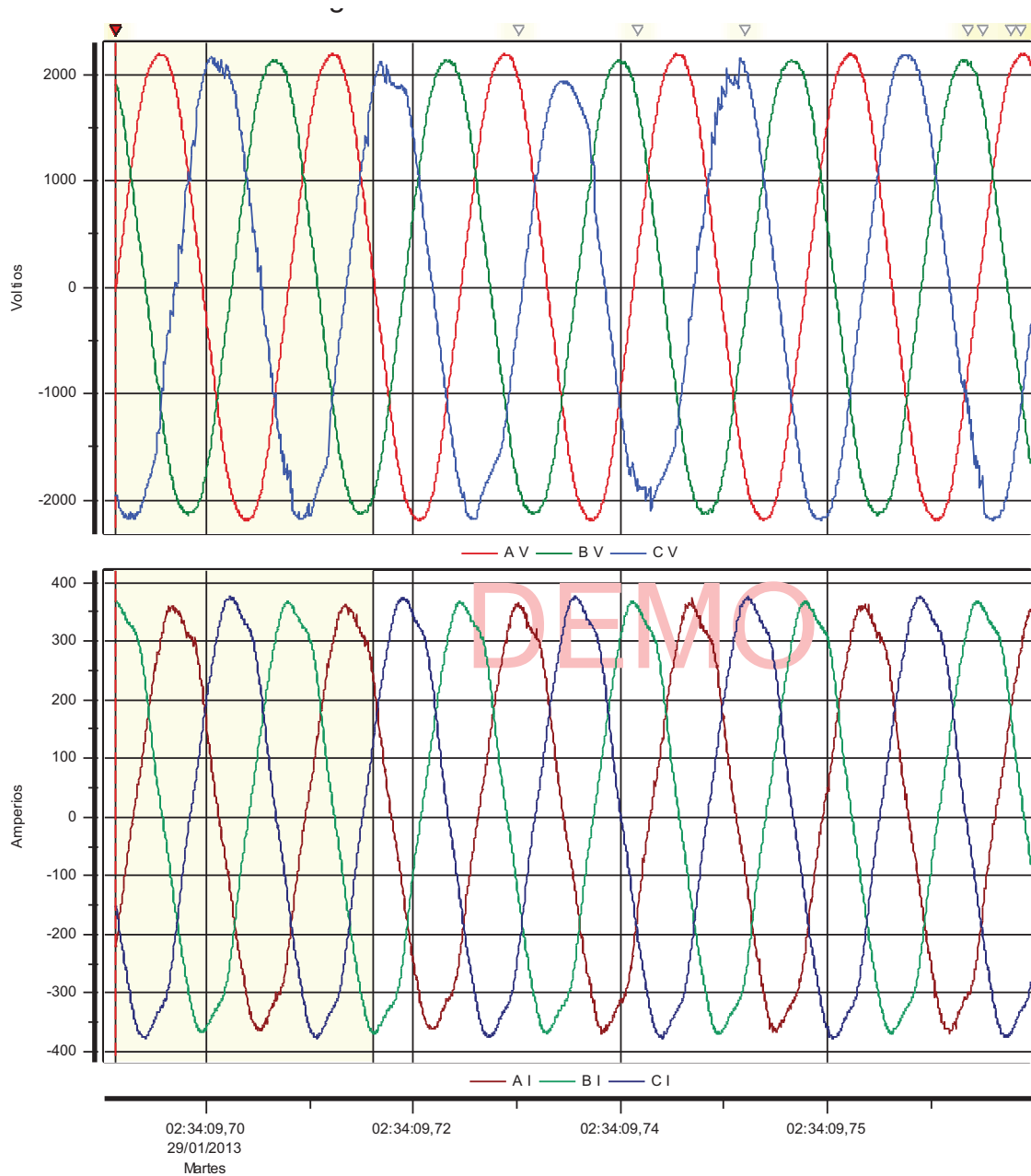
Creado en BDDmView 613.5



# DIAGRAMA DE FORMA DE ONDA DE VOLTAJE Y CORRIENTE

## ILLUCHI 1

29-01-2013 02:34:09



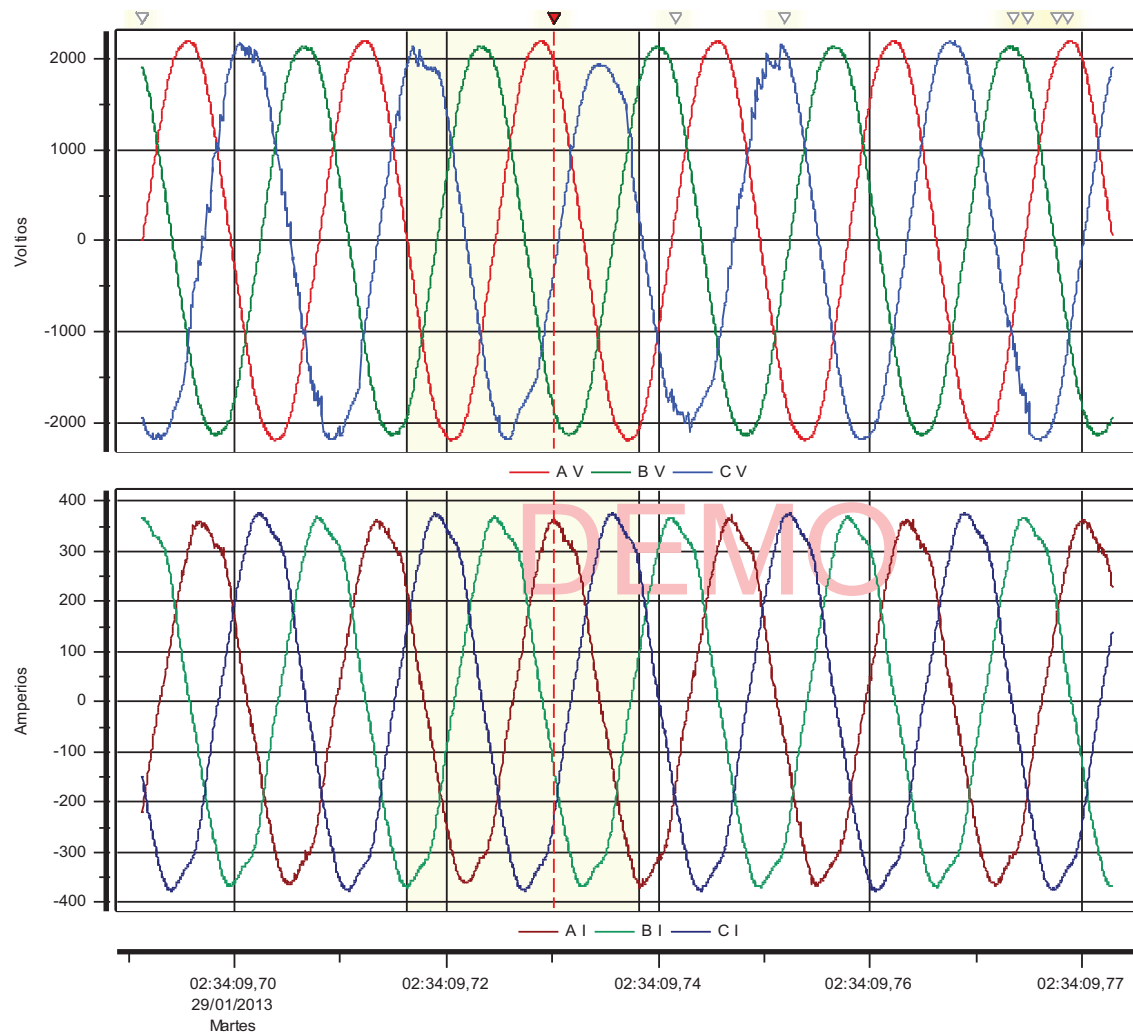
Evento #872 a 29/01/2013 02:34:09,691  
Antes del disparo

Created with DemView 6.13.5

# DIAGRAMA DE FORMA DE ONDA DE VOLTAJE Y CORRIENTE

## ILLUCHI 1

29-01-2013 02:34:09



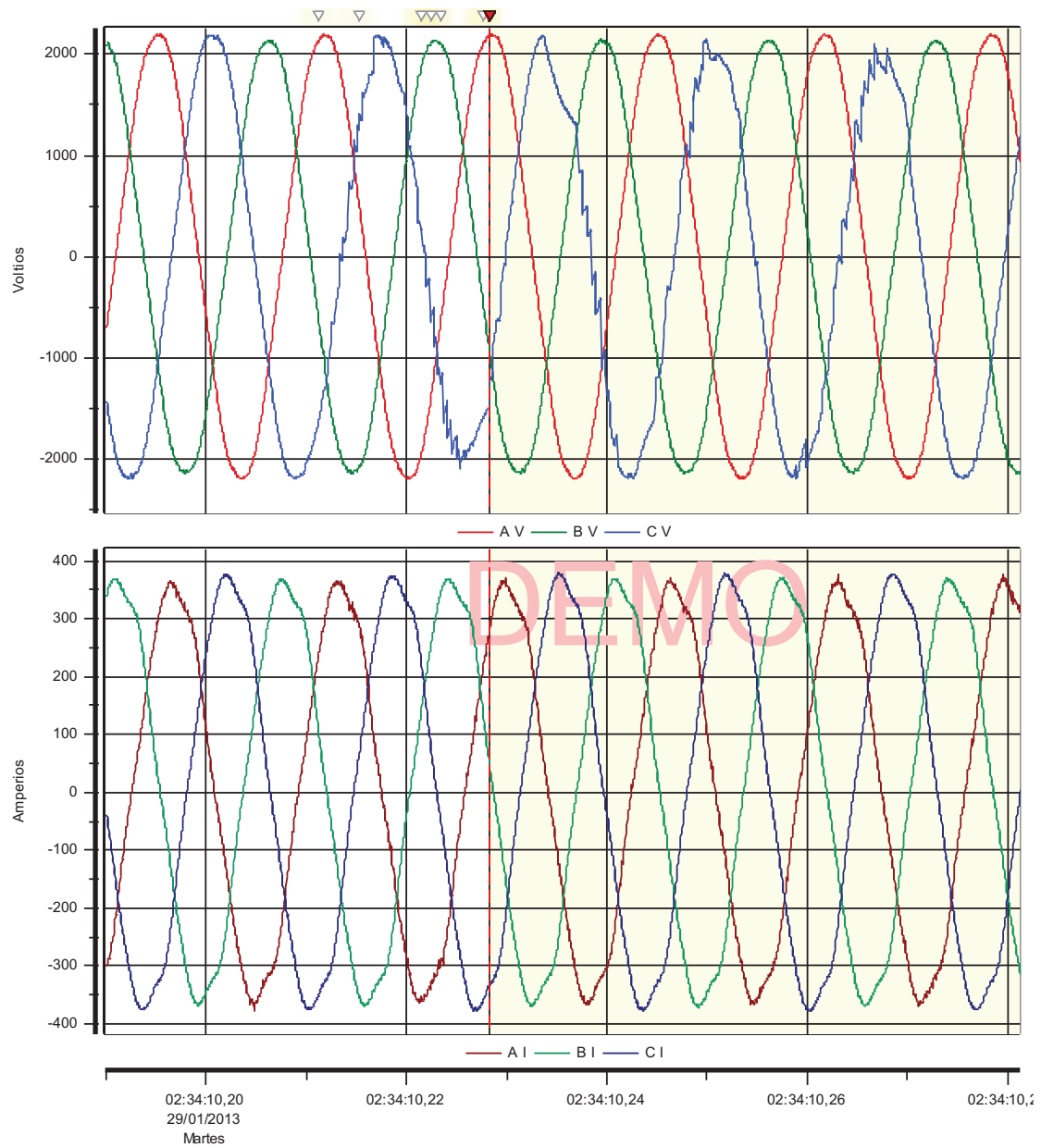
Evento #873 a 29/01/2013 02:34:09,716  
CVSuave Trans.: Imp. Unipol. Neg 1/2 Ciclo  
CATEGORÍA: Impulso Transitorio (duración us)  
Fase 309.1 Deg  
10% Ampl. -122.3  
50% Ampl. 407.3  
90% Ampl. 952.0  
10% offset (useg) 14116  
50% offset (useg) 14813  
Tiempo de subida 10-90% (useg) 1280  
Peor valor Pico a Pico 666.3

Created with DataView 6.13.5

# DIAGRAMA DE FORMA DE ONDA DE VOLTAJE Y CORRIENTE

## ILLUCHI 1

29-01-2013 02:34:10



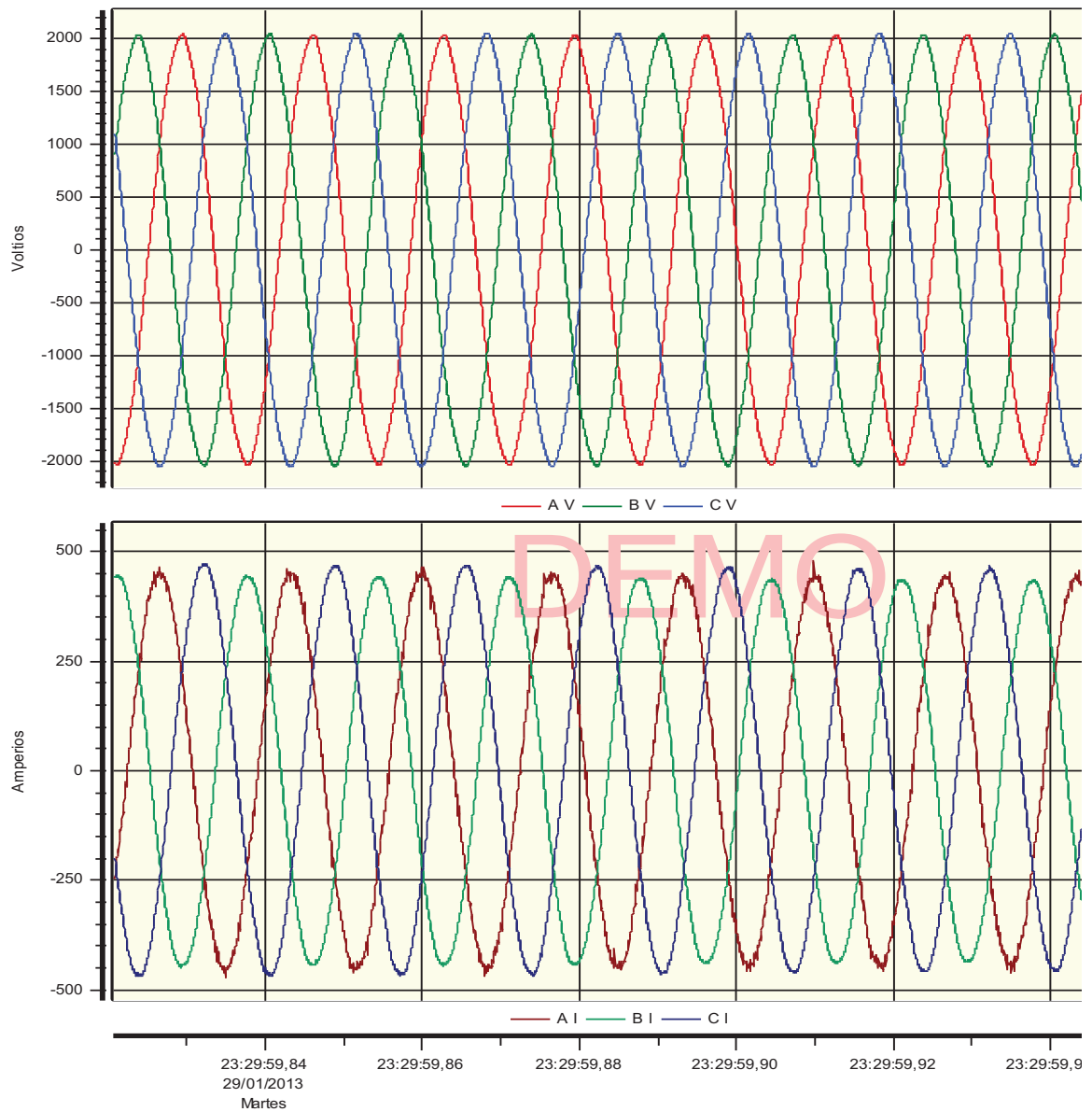
Evento #887 a 29/01/2013 02:34:10,228  
Después del disparo

Created with DataView 6135

# DIAGRAMA DE FORMA DE ONDA DE VOLTAJE Y CORRIENTE

## ILLUCHI 2

29-01-2013 23:29:59

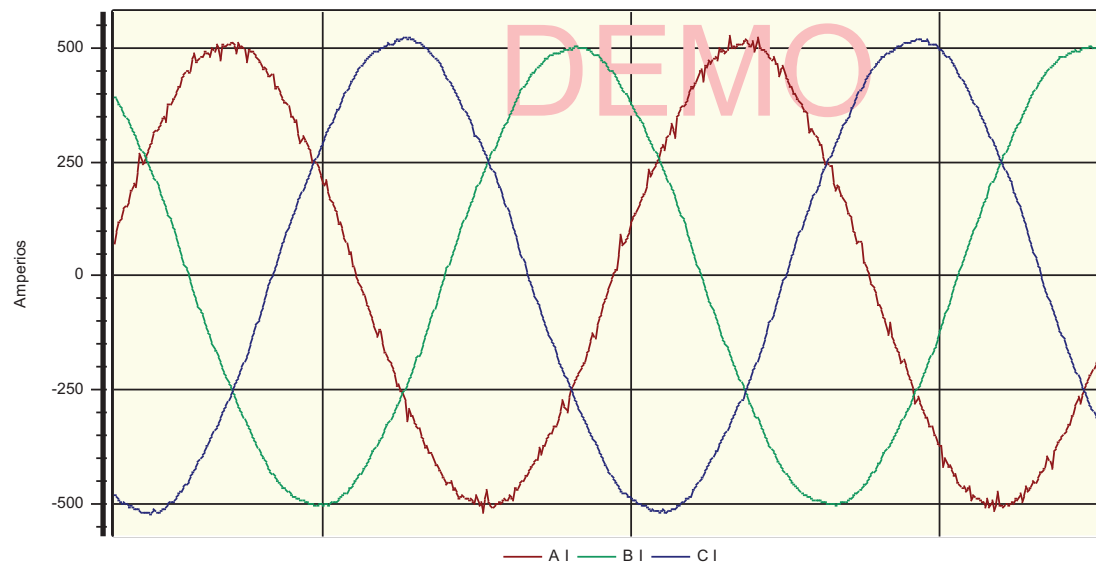
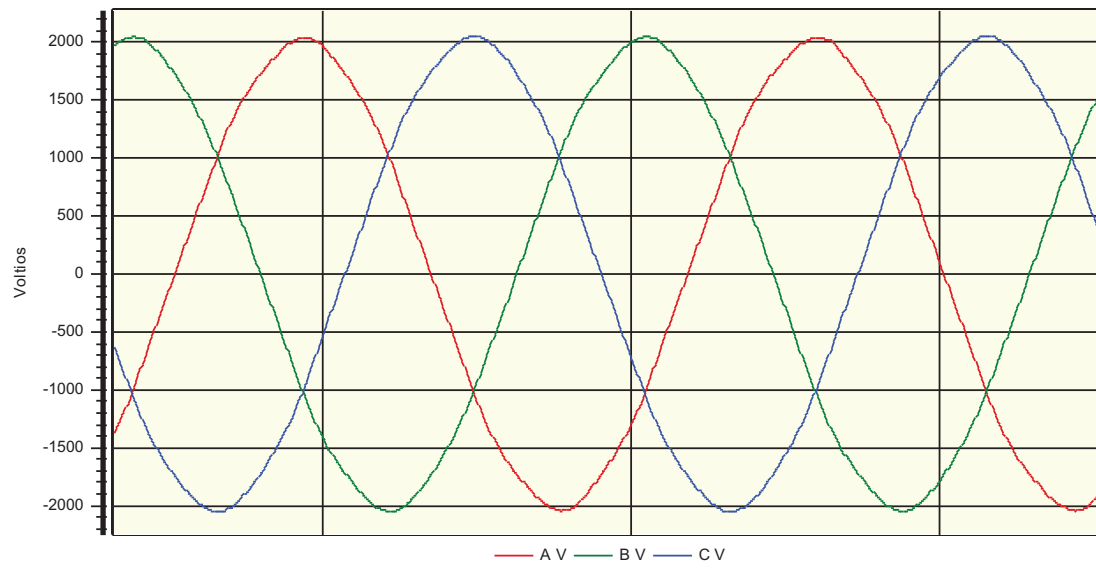


Evento #956 a 29/01/2013 23:29:59,800  
Configurado  
Created with DataView 613.5

# DIAGRAMA DE FORMA DE ONDA DE VOLTAJE Y CORRIENTE

## ILLUCHI 2

30-01-2013 03:59:59



03:59:59,88  
30/01/2013  
Miércoles

03:59:59,89

03:59:59,90

Evento #1238 a 30/01/2013 03:59:59,800  
Configurado

Created with DataView 613.5

## **ANEXO E**

### **Diagrama Unifilar Zona Oriental de ELEPCO S.A**

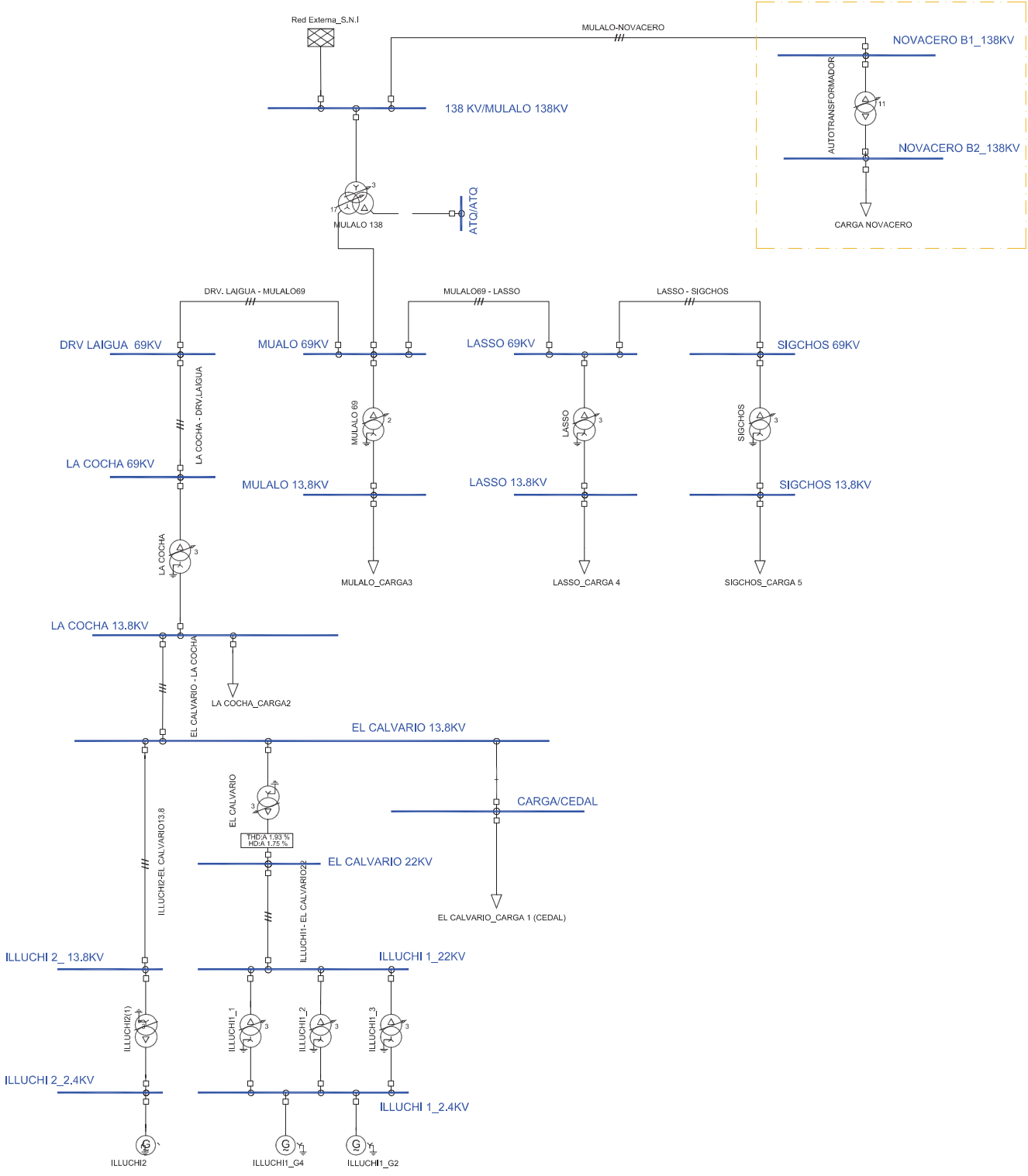
## **ANEXO G**

**Diagrama de Flujo Proceso de Producción de CEDAL [15]**

## **ANEXO H**

### **Diagramas Unifilares de ELEPCO S.A - NOVACERO**





REGISTRO DISEÑO			<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA		
DESEÑO:	GABRIELA NAVARRO M.		PROYECTO DE TITULACION: ANALISIS DE ARMONICOS EN LAS UNIDADES DE GENERACION DE LAS CENTRALES HIDROELECTRICAS ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2 DE ELEPCO S.A.		
DISEÑO:			DESCRIPCION: DIAGRAMA UNIFILAR 2013 ZONA ORIENTAL ELEPCO S.A.		
REVISADO:			FORMATO:	A4	
DIRECTOR PROYECTO:	Dr. JESOS JATIVA		ESCALA:	S/E	
FECHA:	29-Agosto-2013	PLANO N°:	ANEXO E	BOLSA:	1 DE 1

## **ANEXO F**

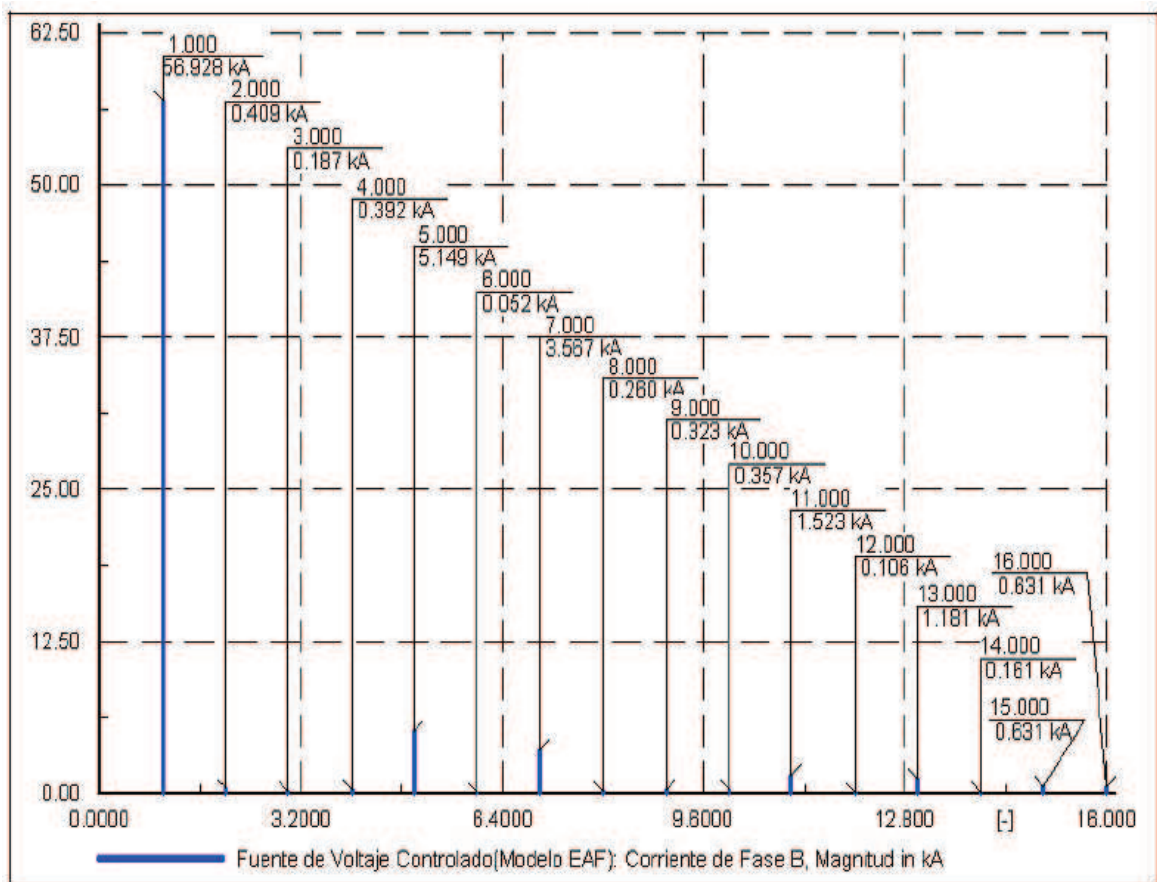
**Espectro de Frecuencias de Corriente de Horno de Arco**

**NOVACERO [5]**

**MAGNITUD DEL ESPECTRO DE FRECUENCIAS DE  
CORRIENTE DE LA FASE B**

<b>Corriente Fase B</b>			
<i>h</i>	<i>IB_h [kA]</i>	<i>IB [kA]</i>	<i>IB_h [%]</i>
1	56,928	56,928	100,000
2	0,409	56,928	0,718
3	0,187	56,928	0,328
4	0,392	56,928	0,689
5	5,149	56,928	9,045
6	0,052	56,928	0,091
7	3,567	56,928	6,266
8	0,260	56,928	0,457
9	0,323	56,928	0,567
10	0,357	56,928	0,627
11	1,523	56,928	2,675
12	0,106	56,928	0,186
13	1,181	56,928	2,075
14	0,161	56,928	0,283
15	0,631	56,928	1,108
16	0,631	56,928	1,108

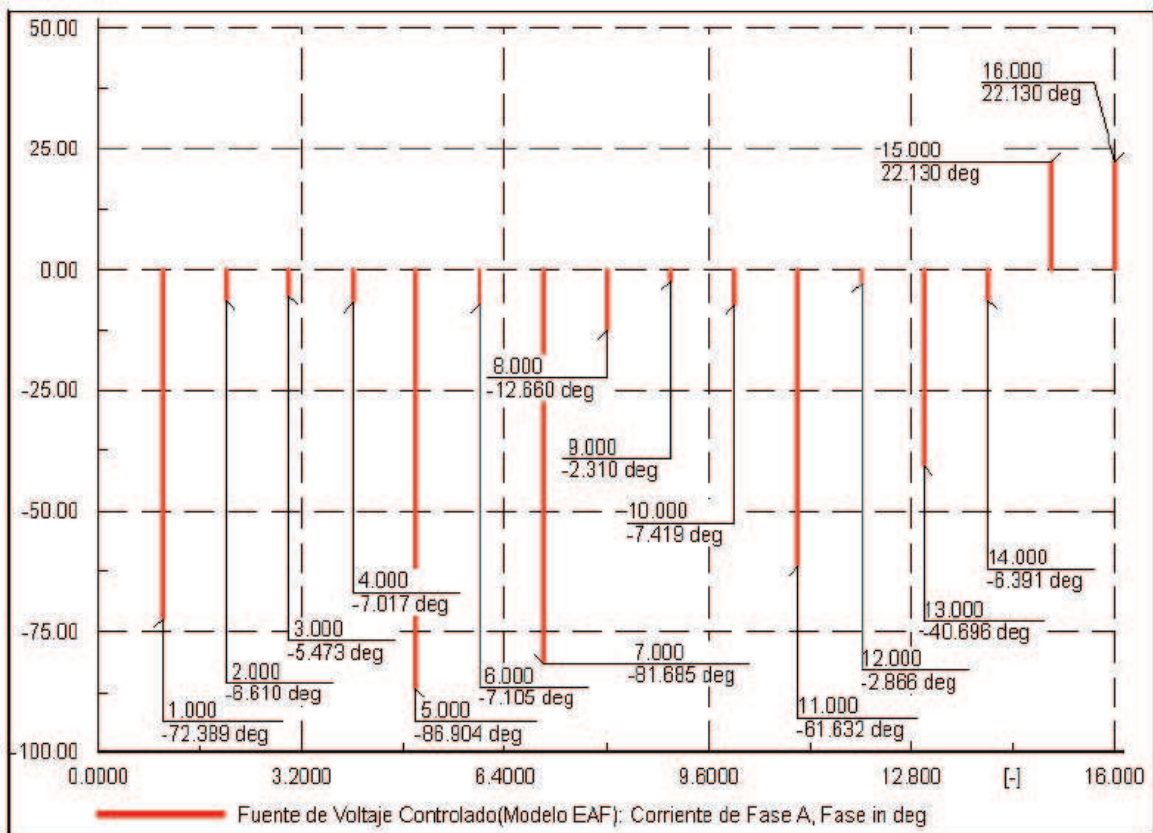
## ESPECTRO DE FRECUENCIAS (MAGNITUD) DE CORRIENTE DE LA FASE B



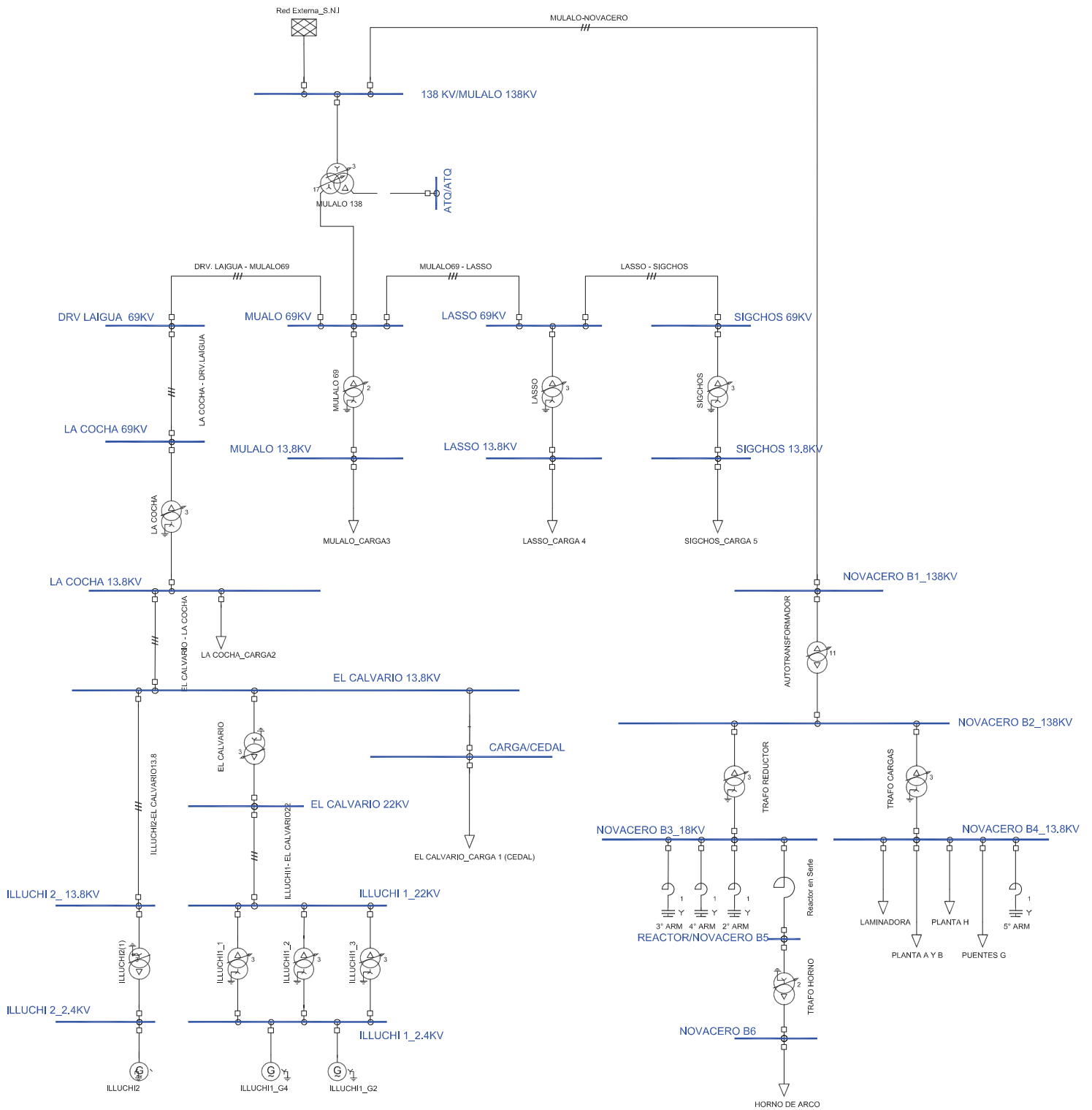
**ÁNGULOS DEL ESPECTRO DE FRECUENCIAS DE  
CORRIENTE DE LA FASE A**

<b>Corriente Fase A</b>			
<i>h</i>	<i>phiA_h [deg]</i>	<i>phiA'_h [deg]</i>	<i>phiA''_h [deg]</i>
1	-72,389	0,000	0,000
2	-6,610	138,168	138,168
3	-5,473	211,694	-148,306
4	-7,017	282,539	-77,461
5	-86,904	275,041	-84,959
6	-7,105	427,229	67,229
7	-81,685	425,038	65,038
8	-12,660	566,452	-153,548
9	-2,310	649,191	-70,809
10	-7,419	716,471	-3,529
11	-61,632	734,647	14,647
12	-2,866	865,802	145,802
13	-40,696	900,361	-179,639
14	-6,391	1007,055	-72,945
15	22,130	1107,965	27,965
16	22,130	1180,354	100,354

## ESPECTRO DE FRECUENCIAS (ÁNGULO) DE CORRIENTE DE LA FASE A

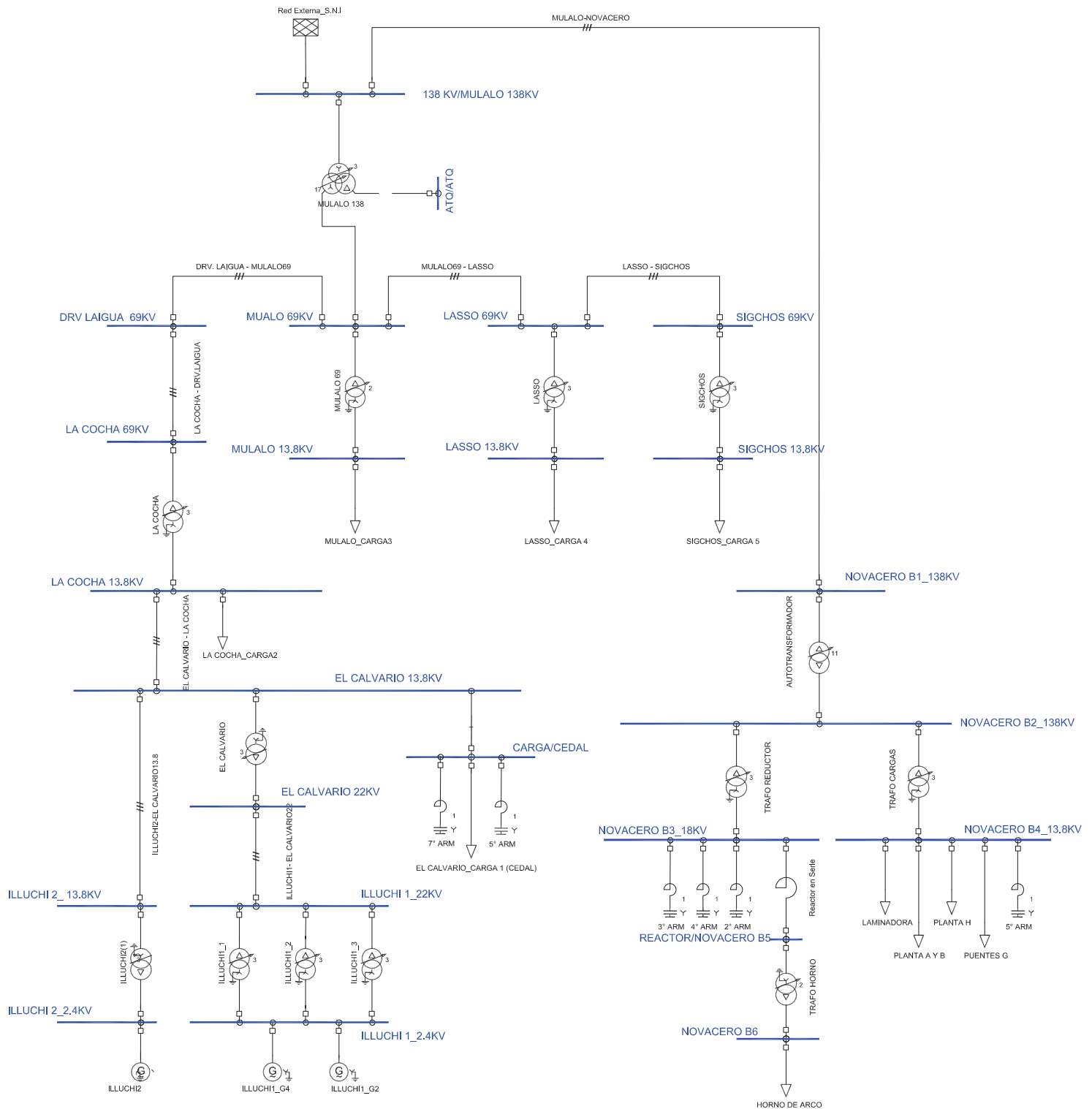






REGISTRO DE DISEÑO			<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
DISEÑO: <b>GABRIELA NAVARRO M.</b>	REVISADO: DIRECTOR PROYECTO: <b>Dr. JESUS JATIVA</b>		PROYECTO DE TITULACION: <b>ANÁLISIS DE ARMÓNICOS EN LAS UNIDADES DE GENERACION DE LAS CENTRALES HIDROELECTRICAS ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2 DE ELEPCO S.A.</b>	
FECHA: <b>29-Agosto-2013</b>	FORMATO: <b>A4</b>	PLANO N°: <b>ANEXO H</b>	HOJA: <b>1</b> DE <b>2</b>	
	ESCALA: <b>S/E</b>			





REGISTRO DISEÑO			ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
DISEÑO:	GABRIELA NAVARRO M.		PROYECTO DE TITULACION: ANÁLISIS DE ARMÓNICOS EN LAS UNIDADES DE GENERACIÓN DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS ILLUCHI 1 E ILLUCHI 2 DE ELEPCO S.A.	
REVISADO:			DESCRIPCIÓN: DIAGRAMA UNIFILAR ELEPCO S.A. (CON FILTROS)	
DIRECTOR PROYECTO:	Dr. JESÚS JATIVA		PLANO N°:	ANEXO H
FECHA:	29-Agosto-2013		ESCALA:	S/E
		FORMATO:	A4	BOLSA:
		ESCALA:	S/E	2 DE 2