

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN UNA PLANTA DE LA INDUSTRIA TEXTIL

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

JOSÉ LUIS COMÚN CCAULLA

PROMOCIÓN

2008 - I

LIMA – PERU

2014

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN UNA
PLANTA DE LA INDUSTRIA TEXTIL**

Agradezco a mis padres que siempre
fueron el motor de mi vida.

SUMARIO

Durante muchos años las cargas de los usuarios fueron lineales. Cuando una tensión sinusoidal se aplicaba a las mismas, estas originaban una corriente sinusoidal. Ello ocurría típicamente en aplicaciones tales como iluminación, calefacción y en motores. En general, no eran muy sensibles a las variaciones momentáneas en la tensión de alimentación. Las cargas no se encontraban conectadas en redes y temas como las puestas a tierra no constituían factores críticos de seguridad. Estos cambios en las características de las cargas crearon un amplio mercado para los equipos de acondicionamiento de línea que previenen variaciones en la Calidad de la Energía. A fin de aplicar los equipos más efectivos, los usuarios han debido convertirse en expertos sobre estos problemas, conociendo sus causas, su posible impacto y las soluciones para mitigarlos. De la misma forma, dado que algunas de las causas se originan en los sistemas de las distribuidoras de energía, estas también deben atender un amplio rango de estos problemas. Nuestro análisis dentro de las redes de una planta textil nos demuestra como un problema de calidad puede pasar inadvertido por mucho tiempo incluso años, representado una gran cantidad de pérdida en energía que se refleja en la facturación. No necesariamente corregir una parte de los problemas de calidad implica un costo elevado, ejemplo el balanceo de carga para corregir voltajes y corrientes se lo puede realizar con el propio personal de mantenimiento. Sin embargo en otros hay que analizar el costo beneficio para poder tomar una decisión acertada como por ejemplo la compra de un banco de condensadores automáticos de varios pasos.

CONTENIDO

PROLOGO	1
CAPITULO I	2
ANTECEDENTES.....	2
1.1. OBJETIVO.....	2
1.2. ALCANCES.....	2
1.3. ENFOQUE DEL ANALISIS.....	2
1.4. LA INDUSTRIA TEXTIL	3
1.5. ESTRUCTURA DEL SECTOR TEXTIL	3
1.6. EL ANALIZADOR DE RED	5
1.6.1. COMPARACION ENTRE ANALIZADORES COMERCIALES	5
1.7. DESCRIPCION DE LAS NORMATIVAS Y REGULACIONES PARA UN ANALISIS DE CALIDAD DE ENERGIA	7
1.7.1. NORMATIVAS Y REGULACIONES	7
1.7.2. ORGANIZACIÓN DE NORMALIZACION Y CONTROL.....	9
CAPITULO II	14
MARCO TEORICO	14
2.1. FUNDAMENTOS DE LA CALIDAD DE ENERGIA	14
2.2. EVOLUCION DE LA CARGA	15
2.3. PRINCIPIO DE LA CALIDAD DE ENERGIA	15
2.3.1. CONCEPTO DE LA CALIDAD DE ENERGIA	16
2.3.2. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE ENERGIA ELECTRICA	17
2.4. CONCEPTO	17
2.4.1. ASPECTOS GENERALES.....	17
CAPITULO III	19
3.1. CALIDAD DE ENERGIA EN LOS DIFERENTES SISTEMAS ELECTRICOS	19
3.2. TIPOS DE CARGA.....	20
3.3. CARGAS LINEALES	21
3.4. CARGAS NO LINEALES	21
3.5. PERTURBACIONES EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS	22
3.5.1. TRANSITORIOS	23
3.5.2. TRANSITORIO IMPULSIVO	23
3.5.3. TRANSITORIO OSCILATORIO.....	23
3.5.4. VARIACIONES DE CORTA DURACION	23
a) INTERRUPCION.....	23
b) SAG.....	24
c) SWELL.....	24
3.5.5. VARIACIONES DE LARGA DURACION	24
a) INTERRUPCION SOSTENIDA	24
b) SUBTENSION.....	24
c) SOBRETENSION	25
3.5.6. DESBALANCE DE TENCION	25
3.5.7. DISTORCION DE LA FORMA DE ONDA	25

3.5.8.	ARMONICOS	25
3.5.9.	CLASIFICACION DE LOS ARMONICOS	26
3.5.10.	MEDICION DE LOS ARMONICOS	27
3.5.11.	ORIGEN DE LOS ARMONICOS	27
3.5.12.	EFFECTOS QUE PRODUCEN LOS ARMONICOS	27
3.5.13.	RUIDO	28
3.5.14.	FLUCTUACION DE TENSION	28
a)	FLIKER.....	28
3.5.15.	PERTURBACIONES LOCALIZACION Y ORIGEN	29
CAPITULO IV		30
4.1.	PUNTOS SELECCIONADOS	30
4.2.	PERIODO DE MEDICION	30
4.3.	ANALISIS DE MEDICIONES OBTENIDAS	34
SUMINISTRO N°1 390011.....		34
4.3.1.	MEDICIÓN TRANSFORMADOR N° 1 – 1000 KVA (23/06-29/06).....	35
a)	POTENCIA	35
b)	TENSION	35
c)	CORRIENTE	35
d)	ARMONICOS:.....	36
e)	EVENTOS Y TRANSITORIOS	36
4.3.2.	MEDICIÓN TRANSFORMADOR N° 2 – 800 KVA (23/6 – 29/6).....	36
a)	POTENCIA	37
b)	TENSIÓN	37
c)	CORRIENTE	37
d)	ARMONICOS:.....	38
e)	EVENTOS Y TRANSITORIOS	38
4.3.3.	MEDICIÓN TRANSFORMADOR N°3 – 320 KVA (23/06-29/06).....	38
a)	POTENCIA	38
b)	TENSIÓN	39
c)	CORRIENTE	39
d)	ARMONICOS:.....	39
e)	EVENTOS Y TRANSITORIOS	40
SUMINISTRO N°2 (MT3):		40
4.3.4.	MEDICIÓN TRANSFORMADOR N°1 – 1600 KVA (01/07-07/07).....	40
a)	POTENCIA	40
b)	TENSION	41
c)	CORRIENTE	41
4.3.5.	MEDICIÓN TRANSFORMADOR N° 2 – 1250 KVA (28/06-04/07).....	42
a)	POTENCIA	42
b)	TENSION	42
c)	CORRIENTE	42
d)	ARMONICOS	43
4.3.6.	MEDICIÓN TRANSFORMADOR N° 3 – 250 KVA (01/07-07/07).....	43
a)	POTENCIA	43
b)	TENSION	44
c)	CORRIENTE	44
d)	ARMONICOS	44

4.3.7. MEDICIÓN TRANSFORMADOR N° 4 – 640 KVA 10/0.40KV (01/07-07/07)	45
a) POTENCIA	45
b) TENSION	45
c) CORRIENTE	46
d) ARMONICOS	46
4.3.8. MEDICIÓN TRANSFORMADOR N° 5 – 640 KVA 22.9-10/0.460 (04/07-14/07)	47
a) POTENCIA	47
b) TENSION	47
c) CORRIENTE	47
d) ARMONICOS	48
SUMINISTRO MT 527837.....	48
4.3.9. MEDICIÓN TRANSFORMADOR N° 1 – 640 KVA 10/0.46 (07/07-14/07) ...	48
a) POTENCIA	48
b) TENSION	49
c) CORRIENTE	49
d) DIRECCIONALIDA DE ARMONICOS	49
4.3.10. MEDICIÓN TRANSFORMADOR N° 2 – 700 KVA 10/0.46 (14/07-21/07)	49
a) POTENCIA	49
b) TENSION	50
c) CORRIENTE	50
d) ARMONICOS	50
SUMINISTRO BT 564282.....	50
4.3.11. MEDICIÓN EN BT (8/07-14/07).....	50
a) POTENCIA	50
b) TENSION	51
c) CORRIENTE	51
SUMINISTRO BT 836802.....	51
4.3.12. MEDICIÓN EN BT (22/07-23/07).....	51
a) POTENCIA	51
b) TENSION	52
c) CORRIENTE	52
SUMINISTRO BT 494719.....	52
4.3.13. MEDICIÓN EN BT (15/07-22/07).....	52
a) POTENCIA	52
b) TENSION	53
c) CORRIENTE	53
SUMINISTRO BT 1343674.....	53
4.3.14. MEDICIÓN EN BT (15/07-22/07).....	53
a) POTENCIA	53
b) TENSION	54
c) CORRIENTE	54
4.4. POTENCIA TOTAL ASSA Y TSR.....	54
4.5. CONSUMOS HISTORICOS DE ENERGIA.....	55

4.6. ASSA1 (SUMINISTROS UNIFICADOS)	55
4.7. AHORRO POR OPTIMIZACION DE DISTRIBUCION DE CARGAS	56
4.8. AHORRO POR COMPENSACION REACTIVA.....	56
a) HISTORICOS TSR	56
b) HISTORICOS ASSA1.....	56
CAPITULO V	57
OBSERVACIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1. OBSERVACIONES	57
5.1.1. PASO A A MEDIA TENSION Y SELECCIÓN DE TARIFA	57
5.1.2. SUMINISTRO 390011 (MT3)	57
5.1.3. SUMINISTRO 414144 (MT3):	58
5.1.4. SUMINISTRO 1343674 (BT3):.....	58
5.1.5. SUMINISTRO 494719 (BT3):.....	59
5.1.6. SUMINISTRO 527837 (MT3).....	59
5.1.7. SUMINISTRO 836802 (BT4).....	60
5.1.8. SUMINISTRO 564282 (BT4).....	61
5.1.9. SUMINISTRO 598983 (BT4).....	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
BIBLIOGRAFIA	64
ANEXOS	65

PROLOGO

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un estudio de calidad de energía en las instalaciones de una empresa textil amparado en la Norma Técnica de Calidad de los servicios eléctricos y el Estándar IEEE519.

Por tanto el presente informe de está dividido en cinco partes fundamentales:

Capítulo 1, Se inicia este informe con una revisión de aspectos teóricos referentes a normativas y regulaciones para el análisis de la calidad de energía, comparación y selección de equipo de medición más apropiado.

Capítulo 2, Se detalla los fundamentos de la calidad de energía, principio concepto e importancia de la calidad de energía eléctrica.

Capítulo 3, Se muestran los tipos de cargas y las diferentes perturbaciones en los sistemas eléctricos.

Capítulo 4, desarrollo y análisis de las mediciones obtenidas de los diferentes suministros y cargas importantes.

Capítulo 5, se presentan las observaciones, conclusiones y recomendaciones y montos aproximados de las pérdidas obtenidas por la presencia de armónicos.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1. OBJETIVO

Conocer, identificar y cuantificar las pérdidas económicas por una mala Calidad de Energía, basándose en la Medición y Análisis de Parámetros como THD, Ih, Uh, etc. Para éste análisis se utilizo las normas nacionales (NTCSE – Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos) e internacionales (IEEE-519, EN50160 y IEC-61000-4-30).

1.2. ALCANCES

Realizar mediciones de los parámetros indicadores de Calidad de Energía (THD, Ih, Uh, Pst, etc.) con equipos analizadores Clase A (Unilyzer 902, RPM, TOPAS, etc. / IEC-61000-4-30). Realizar un diagnostico en las instalaciones eléctricas de las diferentes áreas, con el fin de determinar e identificar indicadores de una mala Calidad de Energía (puntos calientes, vibraciones en motores y transformadores, quemado de condensadores, resonancia, entre otros). Basados en los resultados de mediciones e información de campo, identificar y cuantificar los ahorros potenciales tangibles (pérdidas medibles, como el efecto Joule). Como intangibles (pérdidas no medibles como reducción de vida útil, riesgo a resonancias, entre otros). Dar las alternativas de solución a los problemas encontrados y realizar un análisis financiero de los mismos.

1.3. ENFOQUE DEL ANALISIS

En el presente Informe de Medición de Calidad de Energía se realiza un análisis exhaustivo y completo de los factores más importantes que podrían afectar la Calidad y Eficiencia Energética y por lo tanto ocasionar perdidas técnicas y económicas, algunas intangibles (Ej., menor vida útil de equipos) o tangibles (Ej. Daño de equipos, aislamientos, etc.). Nuestro objetivo es que la planta funcione con una óptima Calidad y

Eficiencia Energética y eso es posible mediante la solución de los problemas encontrados. En el caso que el análisis solo considere información parcial del equipo de medición, no podrá ser concluyente y por lo tanto no se podrán tener conclusiones precisas que si se tendrían de un análisis completo.

- a. Nuestro análisis se basa en un análisis mediante NTCSE (Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos), la EN50160 (Norma Europea para el control de la Calidad de Energía) y la IEEE-519 (Estándar Norteamericana).
- b. Se considera estándares internacionales para la toma de datos, el equipo de medición es de Clase A (de acuerdo a la IEC 1000-4-30).
- c. Se realiza un análisis de direccionalidad de armónicos de las perturbaciones encontradas, para ello se utiliza técnicas complementarias entre sí: análisis de superposición, análisis de correlación y el método Emmanuel para realizar un análisis completo e integral de calidad de Energía, así como para lograr ahorro y eficiencia energética eléctrica
- d. Se realiza el análisis del Flicker utilizando la norma NTCSE.
- e. Se realiza el análisis considerando los eventos como el Sag, Swell, transitorios, factor de potencia, entre otros parámetros.

1.4. LA INDUSTRIA TEXTIL

La industria textil es uno de los sectores más antiguos y complejos dentro de las industrias manufactureras. Es un sector muy fragmentado y heterogéneo, compuesto por un gran número de subsectores que cubren en conjunto todo el ciclo productivo, desde la producción de materias primas y productos intermedios, hasta la elaboración de productos finales. Algunas empresas están muy especializadas en determinados procesos, mientras que otras abarcan varias etapas del ciclo productivo. El sector produce artículos de vestuario, para el hogar y para usos industriales.

1.5. ESTRUCTURA DEL SECTOR TEXTIL

El ciclo completo textil comprende la producción de fibras naturales y químicas, las industrias propiamente textiles, es decir, las que realizan los procesos de hilatura, tejeduría y acabado y, finalmente, la industria de la confección.

Las actividades del textil y la confección están configuradas por una serie de subsectores con peculiaridades específicas. Una de las características principales es la amplitud del

proceso textil y la variedad de procesos técnicos, lo que hace que existan dentro del sector textil y de la confección subsectores dispares en cuanto a su estructura y a su composición empresarial. Para estructurar el sector, se hará una clasificación en función del flujo de materias primas y productos, y de las distintas transformaciones que sufren hasta que están listos para su venta.

Las etapas en las que dividimos el sector son:

- Materias primas
- Preparación e hilatura
- Tisaje
- Ennoblecimiento textil
- Confección

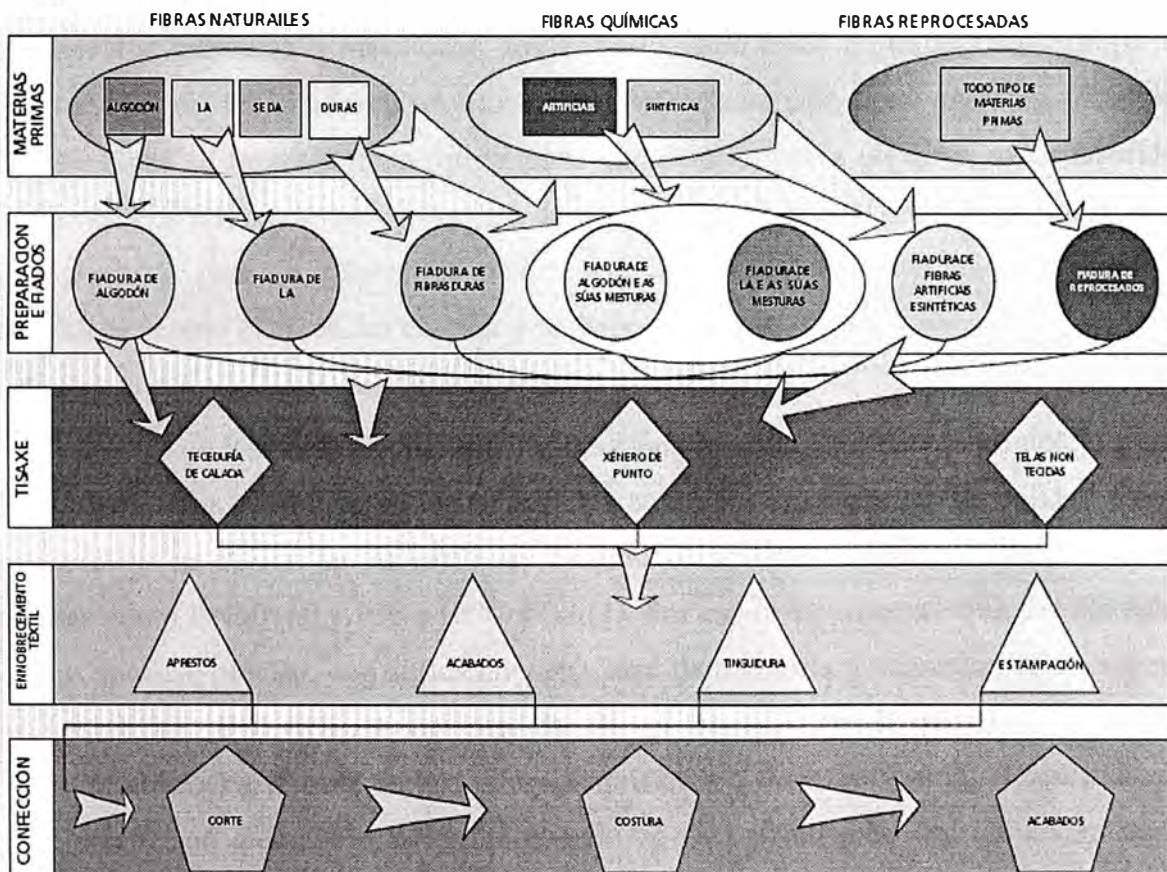


Fig. 1.1 Estructura del sector textil

En la etapa conocida como materias primas, se lleva a cabo la obtención y la transformación de las materias primas, que pueden ser fibras naturales, como el algodón; fibras químicas: artificiales y sintéticas y las fibras reprocesadas. La etapa de preparación e

hilatura está formada por un primer proceso de transformación de materias primas: las fibras en bruto pasan por procesos sucesivos de lavado, cardado, peinado hasta conseguir una mezcla susceptible de ser transformada en hilo en el proceso de hilatura; y un segundo proceso de hilatura que consiste en transformar fibras en hilos. Este resultado se obtiene estirando y torciendo una mecha de algodón para obtener, progresivamente, un hilo. Después viene la etapa de tisaje, durante la cual se transforman series de hilos en una superficie uniforme (el tejido). Si el tejido se obtiene por medio del entrecruzamiento, de acuerdo con un patrón o modelo prefijado, la tejeduría es de calada, mientras que si el tejido se obtiene mediante la formación de una malla la tejeduría es de género de punto. Los tejidos técnicos, napa, etc. se realizan con telas no tejidas, mediante un proceso que puede ser de vía seca, de vía húmeda o de extrusión. A continuación, en la etapa de ennoblecimiento textil, se engloban los tintes, estampados y acabados. Son un conjunto de tratamientos químicos o mecánicos destinados a darle a los productos unas propiedades particulares que les confieren un aspecto definido (blanqueo, tinte, aprestos, estampado). En esta etapa se llevan a cabo operaciones que contribuyen a elevar el valor añadido del producto. Por último, tenemos la etapa de confección, en la cual el tejido se transforma en una pieza de ropa, o género de punto, para ser usada y comercializada. Comprende actividades como el corte, las costura y acabado de piezas.

1.6. EL ANALIZADOR DE RED

El análisis de las redes eléctricas trifásicas siempre se ha considerado complejo y caro. Pero ahora, con instrumentos tan avanzados como los analizadores de calidad eléctrica, este análisis ha dejado de ser caro y es fácil de llevar a cabo incluso en conformidad con normas como EN50160 y IEC 61000-4-30 [1]. Por eso el instrumento que se elija debe ser el más versátil, preciso, con suficiente capacidad de memoria y velocidad de muestreo. En la actualidad, los equipos de medida de la calidad de la red son herramientas indispensables. Ya se trate de una nueva adquisición o de un recambio, el funcionamiento y el precio son siempre prioridades cuando se está planteando una inversión de estas características.

1.6.1. COMPARACION ENTRE ANALIZADORES COMERCIALES

Una manera de poder evaluar el equipo adecuado para realizar estudios de calidad de energía es conocer las características técnicas de los equipos que encontramos actualmente en el mercado. Entre los equipos más solicitados ya sea por precios, capacidad o

características técnicas, hemos considerado analizar los siguientes instrumentos de medición.

Tabla N° 1.1 Comparación de analizadores de energía

COMPARACIÓN DE LOS EQUIPOS MAS COMERCIALES EN LA ACTUALIDAD					
MODELO	TOPAS FL 1760	TOPAS 1000	UNILYSER 901	POWERGUIDE PX5	CIRCUTOR
MARCA	FLUKE/LEM	LEM	UNIPOWER	DRANETZ	ARS
MONOFÁSICO	SI	SI	SI	SI	SI
TRIFASICO	SI	SI	SI	SI	SI
PROTECCION	IP 65	IP 65	IP 65	IP 50 **	IP 50
EN50160	SI	SI	SI	SI	SI
FLICKER	SI	SI	SI	SI	OPCIÓN*
ARMÓNICO	SI	SI	SI	SI	OPCIÓN*
1/2 CICLO	SI	SI	SI	SI	VERIFICAR
MUESTREO	2000 Khz.	500 Khz.	7,24 Khz.	1000 Khz.	VERIFICAR
MEMORIA	2 GIGAS	1 GIGAS	4 GIGAS	32 MEGAS	1 MEGAS
PUERTOS	SERIAL / ETHERNET	SERIAL / ETHERNET	SERIAL / OP ETHERNET	SERIAL / OP ETHERNET	SERIAL
TRANSIENTES	SI	SI	SI	SI	NO

El equipo que hemos elegido para nuestro estudio es el UNILYSER 901 y 902 de la marca UNIPOWER, ya que cuenta con los requerimientos mínimos que exige nuestro estudio de calidad.

Como podemos apreciar, el avance tecnológico nos ha permitido tener la oportunidad de poder contar con equipos capaces de cubrir la necesidad de conocer y diagnosticar las condiciones de un sistema.

1.7. DESCRIPCION DE LAS NORMATIVAS Y REGULACIONES PARA UN ANALISIS DE CALIDAD DE ENERGIA

Las normativas y regulaciones en el campo de la electricidad son amplias y muy variadas, para poder aplicarlas hay que tener muy en claro que organismos o entidades las publican y a quienes van dirigidas o cuál es su rango de acción; además se hace necesario que los profesionales eléctricos conozcamos y nos encontremos actualizados con las normas afín de evitar incumplimientos o violaciones de las mismas en diseños, fiscalizaciones de instalaciones, escogimiento de maquinaria, de equipos de prueba etc.

Nosotros debemos conocer algo de la historia de los organismos que hicieron posible tener hoy por hoy una amplia y extensa gama de normas así como también conocer algunas definiciones, estas normas son publicadas por algunas organizaciones que al encontrarlas muy frecuentemente por doquier nos crean confusión y hasta algunas veces una cierta incertidumbre; a continuación realizaremos una breve descripción de la historia de las organizaciones más significativas.

1.7.1. NORMATIVAS Y REGULACIONES

La primera organización más antigua es la ICE (La comisión Electrotécnica Internacional) y su inicio es por el año 1906, esta es una organización internacional que prepara y publica normativas y estándares internacionales para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y las relacionadas que son conocidas colectivamente como "electrotecnia". La ICE es la organización que para darnos una idea en un principio se dedicó al estudio del vocabulario, de los símbolos y la clasificación de las máquinas eléctricas. Actualmente las normas emitidas por esta entidad son recogidas por varias organizaciones que ejercen control entre las más significativas están la ISO (Organización Internacional de Normalización) y la CEE (Comisión sobre normas para la aprobación de Equipo Eléctrico) esta última tiene su sede en el continente europeo, organismo que evalúa y comprueba el cumplimiento de las normas y reglamentos de la ICE y que luego de hechas las comprobaciones emite el certificado de Conformidad conocido muy comúnmente con el logotipo "CE" , este certificado les da una cierta confiabilidad a los compradores de los países que se encuentran afiliados o anexados a la CEE. La ICE en sus

inicios se conformó de comités técnicos conocidos con las siglas “NC o TC” estos comités fueron integrados en un principio por varios grupos de ingenieros del Instituto de Ingenieros Eléctricos (IEE) de Londres, Reino Unido luego de unos pocos años más se agregaron 20 países europeos con sus respectivos representantes, actualmente es una organización reconocida mundialmente pero que tiene su rango de acción exclusivamente en Europa, se muestra en la figura 1.2 el símbolo de conformidad de cualquier producto, de acuerdo a la asociación de los 20 países europeos



Fig. 1.2 Marca de conformidad CE

Pero regresando en el tiempo, hace cien años las cosas que ahora se dan por hecho como, la definición de un voltio los nombres y las dimensiones de las unidades de medida, eran diferentes en cada país, y más aún de país a país. La velocidad a la que estos comités técnicos (TC) fueron creados fue impresionante, conforme fue creciendo el avance tecnológico los comités técnicos fueron creciendo, a manera de ejemplo cuando se normalizo las lámparas incandescentes de baja tensión se conformó un comité técnico que considero normalizar los enchufes que alimentaban de energía eléctrica a aquellas lámparas, dicho comité técnico fue conocido como número seis o por sus siglas “IEC TC6”, como es de imaginarse en sus primeros intentos de normalizar las cosas se limitaron a lo más esencial, y conforme pasaba el tiempo estos comités técnicos dieron orígenes a Subcomités técnicos conocidos por las siglas “SC” es decir estos comités técnicos se hicieron más complejos y en este caso en particular origino el subcomité técnico número 34A “SC 34A” que se refiere a la norma estándar de los casquillos y portalámparas. De esta manera podemos darnos cuenta como fueron creados en el pasado y como se siguen creando hasta la actualidad muchos comités y subcomités técnicos con la única finalidad de ampliar la gama de normas que además de estandarizar las cosas están en un constante trabajo de actualización de normas, estas que con el pasar del tiempo van quedando obsoletas y que consecuente son reemplazadas por otras conforme va avanzando la tecnología, es por esto que en ocasiones algunos equipos eléctricos que han sido certificados con la conformidad europea hace unos treinta años atrás ya no son

necesariamente certificados en la actualidad, es decir la norma generada en ese entonces a manera de ejemplo no preveía la compatibilidad electromagnética, la interferencia y por ende no se proveyó de características constructivas en aquella máquina que contrarresten las perturbaciones antes mencionadas para reducir al mínimo el mal funcionamiento de la misma; es por esto que debemos saber, reconocer y estar actualizados con las normas con la finalidad de poder dar soluciones basadas en los estudios de ingeniería que son publicados como normas o estándares internacionales.

1.7.2. ORGANIZACIÓN DE NORMALIZACIÓN Y CONTROL

- *Comisión sobre Normas para la Aprobación de Equipo Eléctrico (CEE)*

· En el transcurso de los años los países integrantes de la ICE se dieron cuenta que el avance científico ya no solo se daba en la electrotecnia de la maquinaria eléctrica sino que también existía un incremento de nuevas Tecnologías de la Información en las Comunicaciones que incluía las áreas fijas, telefonía móvil, la radiodifusión, aeronáutico y otros. Es por esto que los países afiliados a la ICE formaron dos organizaciones como lo son el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC) y el Comité Europeo de Normalización de telecomunicaciones (ETSI). Es por demás recalcar que, estas organizaciones a pesar de estar agremiados por separados emiten sus estudios a la ICE y estas normas o estándares a su vez son recogidos por la CEE (Comisión sobre normas para la aprobación de Equipo Eléctrico), como ya sabemos la CEE, es el organismo que evalúa y comprueba el cumplimiento de las normas y reglamentos de la ICE y que luego de hechas las comprobaciones, emite el certificado de Conformidad conocido muy comúnmente con el logotipo “CE”, además es necesario entender que la CEE reconoce las normas emitidas por la ICE por medio de reuniones conocidas como directivas de consejos, estas directivas analizan varias normas referentes a un mismo tema y luego de un consenso, son aprobados en un solo documento en cuya acta solo se hace referencia a dichas normas consensuadas, entonces a manera de ejemplo una vez más a veces solo podemos encontrarnos con algo como esto 89/336/CEE que significa que la directiva de la Comisión sobre normas para la aprobación de Equipo Eléctrico del año 1989 en su acta 336 aprueba las normas antecesoras (Publica todas las normas que fueron tomadas en cuenta en esta acta) como referentes para evitar la compatibilidad electromagnética. Es por esto que hay equipos eléctricos que solo hacen referencia a una directiva en particular porque a veces les resulta muy engorroso enumerar todas las normas que se tomaron en cuenta en la construcción del equipo o máquina.

- Comité Europeo de Normalización (CEN)

Ahora bien ya tenemos claro los organismos que crean las normas o estándares y quienes las hacen cumplir en el campo que nos concierne que es la electricidad, ahora es necesario también saber que existe una organización que fue creada en el año 1961 que se llama CEN (Comité Europeo de Normalización) esta es una organización sin fines de lucro cuya misión es fomentar la economía europea mediante la emisión de normas que permitan el comercio primeramente en Europa y luego a nivel mundial, y que también está pendiente del bienestar de los ciudadanos europeos y del medio ambiente al proporcionar una infraestructura eficiente para las partes interesadas para el desarrollo, está compuesta por treinta miembros nacionales que trabajan juntos para desarrollar normas europeas emitidas con las siglas "EN", esta organización recoge las normas y estándares ya publicadas por otras organizaciones como la ICE y otras de diferentes campos de investigación a la electrotecnia y telecomunicaciones, estas normas son agrupadas en un solo conjunto y es por esto que nosotros nos encontramos muy amenable con publicaciones de normas para equipos eléctricos y muy seguidamente con publicaciones de normas para equipo de medicina o de distinta índole, para darnos una idea las Norma Europeas "EN" a veces las encontramos en algo aparecido a esto EN 61000-3-2 (CEI, IEC 1000-3-2) que significa que la norma europea sobre los Armónicos en la red de alimentación de c. a. fue creada por referencia a la norma IEC.

- El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)

Es una organización que fue creada y está domiciliada en los Estados Unidos de Norteamérica tiene más de 395000 miembros en más de 160 países que representan el 45% de la totalidad de integrantes fuera de los Estados Unidos, además IEEE es la asociación más grande del mundo profesional que promociona la innovación y excelencia en la tecnológica en beneficio de la humanidad, sus miembros se ven beneficiados con los envíos de información actualizada de publicaciones de conferencias, estándares de tecnología y de actividades educativas, la IEEE es también conocida como la "voz" de confianza de la ingeniería, de la informática y de la tecnología de la información en todo el mundo. El Instituto de Ingenieros eléctrico y electrónicos entrega membrecías y licencias que tienen un costo económico para sus integrantes que se encuentran dentro y fuera de los estados Unidos estas membrecías van dirigidas a los profesionales de la ingeniería en áreas que van desde los sistemas aeroespaciales, computadoras, telecomunicaciones, ingeniería biomédica, energía eléctrica y la electrónica de consumo, entre otros. Cuenta con 38

sociedades y 7 consejos técnicos que representan a la amplia gama de intereses técnicos y cuenta con más de 2,5 millones de documentos en su librería que tratan de las 1.300 normas y proyectos en desarrollo. Un punto importante que hay que tomar en cuenta es que IEEE es una organización que tiene su campo de acción en los Estados Unidos de Norteamérica exclusivamente, es decir los profesionales eléctricos deben obligatoriamente tener su licencia certificada por IEEE para poder ejercer su profesión en aquel país, los profesionales que tienen estas licencias y que no viven en los estados Unidos tienen la ventaja de que son reconocidos por las empresas fabricantes de maquinarias y de equipos tecnológicos avanzados que muy usualmente tienen su lugar de establecimiento en Norte América y que instalan o venden sus productos en muchos países alrededor del mundo, es por esto el interés de muchos profesionales de al menos conocer y estar actualizados con las normas y nuevas tecnologías que publica la IEEE.

- *Asociación Nacional Protección Contra Fuego (NFPA)*

Es una organización que publica normas y practicas recomendadas sobre el Fuego y otros asuntos de seguridad, estas normas se desarrollan a través de un proceso de consenso por el “American National Standards Institute” que es una organización similar a la europea que ha sido creada en los Estados Unidos, que se aplica muy comúnmente en diseños de instalaciones eléctricas, diseños de maquinarias etc. Esta información puede ser descargada fácilmente por medios electrónicos como material de consulta pero a su vez se prohíbe su reproducción parcial o total del mismo. Debemos tener claro que las normas establecidas por la NFPA son reglas establecidas para evitar siniestros provocados por el fuego, estas reglas muchas de las veces se contraponen con las reglas de técnicas emitidas por IEEE en donde su prioridad es el buen funcionamiento de los equipos eléctricos y se deja en segundo plano la seguridad de las personas, como ejemplo podemos citar la instalación de un tendido eléctrico para alimentar una carga determinada en donde se cita las normas de la IEEE que establece un número determinado de conductores con el que puede funcionar correctamente pero que puede ser inferior al número de conductores establecido por la norma de la NFPA en la que involucra además de los factores eléctricos factores externos como temperatura de trabajo, seguridad del personal etc. Es por esto que muchos de los profesionales en nuestro medio utilizan muy a menudo este manual ya que se cubre la parte técnica y de seguridad no obstante estas reglas deben ser aplicadas con criterios basados en una buena ingeniería para salvaguardar nuestra responsabilidad como diseñadores o constructores.

- Organización Internacional de Normalización (ISO)

Es el desarrollador más grande del mundo y editor de las Normas Internacionales, la ISO es una red de los institutos nacionales de normalización de 159 países, un miembro por país, con una Secretaría Central en Ginebra, Suiza, que coordina el sistema. La ISO es una organización no gubernamental que forma un puente entre los sectores público y privado. Por lo tanto, la norma ISO permite garantizar las características deseables de los productos y servicios tales como la calidad, respeto al medio ambiente, seguridad, fiabilidad, eficiencia y capacidad de intercambio y de coste económico. En la actualidad en nuestro medio son pocas las personas y empresas que están familiarizadas con estas normas y cuando compramos productos o adquirimos servicios que cumplan con nuestras expectativas concretas, nos inclinamos a dar por hecho que el producto o servicio es bueno, no obstante estos pueden contener deficiencias que son imperceptibles para el común de las personas y no somos conscientes del papel en el que juegan las normas, hay casos en que los productos y servicios son incompatibles con el equipo que tenemos, no son confiables o son peligrosos, pero funcionan. Sin embargo la ISO no tiene autoridad legal para hacer cumplir la aplicación de sus normas ya que en muchos de los casos son voluntarias pero en ocasiones los países, empresas públicas o privadas o personas naturales pueden decidir adoptarlas principalmente con las relacionadas con la salud, la seguridad o el medio ambiente, aunque las normas ISO son voluntarias, pueden convertirse en una exigencia del mercado, como ha ocurrido en el caso de la ISO 9001 de sistemas de gestión de calidad o como por ejemplo en el caso las dimensiones normalizadas de los contenedores de mercancías, en este caso en especial si no existiera las normas impuestas a estos contenedores el comercio internacional sería más lento y más caro, otro ejemplo sería los Símbolos normalizados que ofrecen advertencias de peligro y de información que casi siempre son entendidas rompiendo de esta manera las fronteras lingüísticas de muchos países alrededor del mundo. En conclusión podemos decir que el profesional encargado de hacer la labor de ingeniería eléctrica debe tener conocimientos básicos de las normas ISO, si bien es cierto no son obligatorias pero al menos al aplicarlas garantizamos nuestro proceder y las buenas prácticas de nuestros colaboradores. [2]

- Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA)

Estas normas son muy importantes en el campo de la ingeniería eléctrica debido a que muchas de las veces debemos escoger equipamiento en el cual colocaremos equipos eléctricos, NEMA es la abreviatura de las siglas en inglés de la Asociación Nacional de

Fabricantes Eléctricos. NEMA es una organización industrial sin fines de lucro compuesta por fabricantes de aparatos eléctricos, que desarrolló normas voluntarias para gabinetes eléctricos. Estas clasificaciones describen el entorno en el cual puede utilizarse el producto, según la protección que ofrezcan los gabinetes. Entendiéndose por "gabinetes" las conexiones eléctricas y mecánicas, y los ajustes externos, NEMA clasifica los gabinetes de acuerdo con los efectos de la formación de hielo, la corrosión y el óxido en el exterior, o la contaminación causada por aceite y refrigerantes. Existe equipo eléctrico y electrónico miniaturizado, válvulas y equipamiento en general que está contenido en lo que podría llamarse "gabinetes" pero que en realidad son las envolturas de estos equipos como por ejemplo los presostatos que pueden clasificarse también de acuerdo con las normas voluntarias que establece NEMA para los gabinetes eléctricos.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. FUNDAMENTOS DE LA CALIDAD DE ENERGIA

La electricidad es originada por las cargas eléctricas, en reposo o en movimiento, y las interacciones entre ellas. Cuando varias cargas eléctricas están en reposo relativo se ejercen entre ellas fuerzas electrostáticas. Cuando las cargas eléctricas están en movimiento relativo se ejercen también fuerzas magnéticas. Se conocen dos tipos de cargas eléctricas: positivas y negativas. Los átomos que conforman la materia contienen partículas subatómicas positivas (protones), negativas (electrones) y neutras (neutrones).

También hay partículas elementales cargadas que en condiciones normales no son estables, por lo que se manifiestan sólo en determinados procesos como los rayos cósmicos y las desintegraciones radiactivas. La electricidad y el magnetismo son dos aspectos diferentes de un mismo fenómeno físico, denominado electromagnetismo, descrito matemáticamente por las ecuaciones de Maxwell. El movimiento de una carga eléctrica produce un campo magnético, la variación de un campo magnético produce un campo eléctrico y el movimiento acelerado de cargas eléctricas genera ondas electromagnéticas (OEM). Debido a las crecientes aplicaciones de la electricidad como vector energético, como base de las telecomunicaciones y para el procesamiento de información, uno de los principales desafíos contemporáneos es generarla de modo más eficiente y con el mínimo impacto ambiental. La esencia de la electricidad es la carga eléctrica. Existen dos clases distintas, que se denominan cargas positivas y negativas. Estas tienen dos cualidades fundamentales, cargas iguales se repelen y cargas distintas se atraen.

Las cargas eléctricas no son engendradas ni creadas, sino que el proceso de adquirir cargas eléctricas consiste en ceder algo de un cuerpo a otro, de modo que una de ellas posee un exceso y la otra un déficit de ese algo (electrones). Coulomb ideó un método ingenioso para hallar como depende de su carga la fuerza ejercida por o sobre un cuerpo

cargado. Para eso se basó en la hipótesis de que si un conductor esférico cargado se pone en contacto con un segundo conductor idéntico, inicialmente descargado, por razones de simetría la carga del primero se reparte por igual entre ambos. De este modo dispuso de un método para obtener cargas iguales a la mitad, la cuarta parte, etc., de cualquier carga dada. Los resultados de sus experimentos están de acuerdo con la conclusión de que la fuerza entre dos cargas puntuales, q y q' , es proporcional al producto de éstas.

2.2. EVOLUCION DE LA CARGA

Desde los inicios de la electrificación y durante muchos años las cargas de los usuarios eran lineales por naturaleza. De manera que cuando una tensión sinusoidal se aplicaba a las mismas, estas originaban una corriente sinusoidal, ello ocurría típicamente en aplicaciones tales como iluminación, calefacción y en motores. Esta reacción con la cual se aprendió a convivir se la generalizó empleándose el criterio para todos los ámbitos de la electricidad como protección, generación, distribución, instalación e incluso de la planificación. Otra característica que cabe mencionar es que en general, las cargas lineales, no eran muy sensibles a las variaciones momentáneas en la tensión de alimentación, tales como sobretensiones y baja-tensiones. Las cargas no se encontraban conectadas en redes y temas como las puestas a tierra no constituían factores críticos de seguridad. Dentro de lo esperado la demanda de energía aumentó los consumidores y sus cargas se multiplicaron. En estos tiempos se conoce que el consumo de energía eléctrica es un buen índice económico del progreso y de la producción de una nación. En las últimas décadas como respuesta a las necesidades de las industrias y consumidores en general, se ha tenido un gran desarrollo tecnológico, en especial de la electrónica de potencia que ha producido una generación de equipos de alta capacidad, alto rendimiento y bajo costo. Nuevos equipos, nuevas tecnologías que ahora hacen catalogar a la mayoría de las cargas como no lineales, puesto que cuentan con componentes más eficientes que sin pensarlo cambiaron la respuesta anteriormente esperada de una forma sinusoidal en la corriente a otras con nuevas características.

2.3. PRINCIPIO DE LA CALIDAD DE ENERGIA

Desde hace algunos años se está tomando conciencia sobre “la calidad de la energía eléctrica”. El consumo de energía eléctrica crece en la actualidad de forma considerable debido al desarrollo de nuevas tecnologías que están transformando la sociedad.

Históricamente este desarrollo tecnológico va ligado con la actualización de la energía eléctrica, siendo cada vez más alto el porcentaje de uso del consumo de energía eléctrica.

Dentro del concepto de calidad de energía la alteración en la “forma de la onda” tiene lugar en los propios procesos de producción, transporte y distribución, así como en la utilización de determinados receptores que generan perturbaciones; siendo estos factores inevitables pero si se pueden minimizar. Actualmente las empresas de generación y distribución de energía eléctrica, tienen que afrontar dos importantes retos:

1. Aumentar la capacidad de generación y distribución de energía eléctrica, para responder a la demanda creciente, debido a que los sistemas de generación y distribución están funcionando muy cerca del límite de su capacidad máxima.
2. Asegurar la calidad de la energía eléctrica suministrada, con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos conectados a las redes de distribución, considerando también que la calidad de energía eléctrica es de gran importancia para contribuir con el desarrollo tecnológico. No existe hasta el momento una definición completamente aceptada del término calidad del suministro eléctrico o calidad de la energía eléctrica, a continuación veremos algunas definiciones de calidad de energía eléctrica. [3]

2.3.1. CONCEPTO DE LA CALIDAD DE ENERGIA

Calidad de energía es un término utilizado para referirse al estándar de calidad que debe tener el suministro de corriente alterna en las instalaciones eléctricas, en términos de:

- Tensión o Voltaje constante
- Forma de onda sinusoidal
- Frecuencia constante

Cualquier desviación de estos estándares de calidad que ocasione problemas en los equipos eléctricos instalados, recibe el nombre de Mala Calidad de Energía.

El diccionario de la RAE define a la calidad como la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor. La ISO la define como el conjunto de características de un producto o servicio que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades del cliente.

De acuerdo al libro esmeralda de la IEEE Calidad de Potencia, es el concepto de alimentación y de puesta a tierra de equipo en una manera que sea adecuado para su operación. Así según el IEEE, un problema de calidad de potencia es debido a cualquier variación en el servicio de potencia eléctrica que da lugar a un funcionamiento defectuoso o fallo en el equipamiento del usuario, tal como: reducción de tensión, sobre tensión, transitorios, distorsión armónica y ruido eléctrico. El NATSIM calidad de servicio en el

suministro de energía eléctrica, se mide básicamente en términos del número y duración de las interrupciones, así como por el mantenimiento de la tensión y la frecuencia dentro de límites prefijados.

2.3.2. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE ENERGIA ELECTRICA

Una gran ironía consiste en que una gran parte de estas cargas no lineales, responsables de los grandes logros en la industria debido a la automatización, son cargas electrónicas altamente sensibles a las variaciones en el suministro eléctrico que está siendo perturbado por su propia presencia. Los problemas se presentan al existir disturbios de la calidad de energía eléctrica en el suministro. La mayoría de las veces resultan en una interrupción temporal de los procesos industriales, a esta interrupción están asociados altos costos, una vez que es la causa de pérdidas significativas de producción y descarte de materiales debido a la necesidad de limpiar las máquinas, reiniciar el proceso en la secuencia que se encontraba, y recalibrar las líneas de producción de acuerdo a las especificaciones de proceso requeridas o por concluir con productos defectuosos.

2.4. CONCEPTO

El término Calidad de Energía Eléctrica, nombrado CEE por sus siglas en español, es utilizado para describir una combinación de características a través de las cuales el producto y el servicio del suministro eléctrico corresponden a las expectativas del cliente. Observando la calidad de energía eléctrica en la parte técnica: el abonado espera obtener del proveedor (empresa distribuidora) un suministro con tensiones equilibradas, sinusoidales y de amplitudes y frecuencias constantes. Esto se traduce para él, en la práctica, como contar con un servicio de buena calidad, costos viables de un funcionamiento adecuado, seguro y confiable de equipos y procesos sin afectar el ambiente o el bienestar de las personas. La Pérdida de la Calidad de Energía significa: “Deterioro de las señales de Tensión y Corriente en lo que respecta a la forma de onda, frecuencia e interrupciones que llevan a la reducción o parada de procesos que ocasionan perjuicios”.

2.4.1. ASPECTOS GENERALES

En los últimos años se ha profundizado el problema con la calidad del producto (calidad de la energía). Por este motivo algunas instituciones especializadas en el tema, como la IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), CENELEC (Comité Europeo de Normalización Eléctricas), NEMA (Nacionalidad Eléctricas Manufacturada Asociación), etc. han desarrollado estándares y métodos de medición y construcción de equipos de medición de calidad de energía en los últimos años,

perfeccionándolos con el transcurrir del tiempo. Así mismo los países cada vez han sido más conscientes de empezar a monitorear y a regular sus sistemas eléctricos basados en las normativas emitidas por las instituciones anteriormente mencionadas. Se han establecidos métodos, regulaciones, leyes, penalizaciones, etc. que han tratado de regular el sector y han venido perfeccionando estos sistemas. Los países latinoamericanos han ido poco a poco estableciendo regulaciones de calidad de servicio eléctrico, muchos de estos países tienen en la actualidad regulaciones bien estructuradas. Pero así también existen países tan grandes e industrializados como Brasil que aún no ha emitido una regulación clara para sus sistemas, ni en la parte comercial, ni en la parte técnica.

CAPITULO III

3.1. CALIDAD DE ENERGIA EN LOS DIFERENTES SISTEMAS ELECTRICOS

Desde el punto de vista de la ingeniería eléctrica las cargas eléctricas consideradas tradicionales desde hace algún tiempo han tenido un cambio significativo, pues si bien inicialmente eran de tipo resistivo, inductivo o capacitivo hoy en la actualidad se puede encontrar cargas con un comportamiento diferente a los esperados.

El calentamiento global, el uso racional de la energía y la reducción del consumo energético exigen al medio que se desarrollen dispositivos que permitan cumplir estos objetivos, esto indefectiblemente se puede lograr utilizando componentes electrónicos y por ende alta tecnología. Si bien con la electrónica de potencia se estableció prácticamente la carga no lineal esta ha contribuido a optimizar el uso de la energía, no obstante que la misma puede generar problemas de armónicos. Este trabajo revisa ciertos parámetros eléctricos que se ven afectados en una red de Distribución típica debido al efecto de las cargas no lineales. Se hace un análisis de los diferentes tipos de armónicas encontradas a nivel de alimentador primario y a nivel de barras de subestaciones de distribución y generación, proponiendo adicionalmente ciertos métodos matemáticos para encontrar la característica de las diferentes armónicas. Se sugieren además ciertas recomendaciones tendientes a mejorar la calidad de la energía tanto en empresas de suministro eléctrico así como en las instalaciones de clientes de la red eléctrica, aprovechando equipos de tipo electromagnético con el objeto de reducir costos y condiciones peligrosas de resonancia

Palabras claves: calidad de energía, armónicas, transformadores, factor de potencia, filtros, medioambiente, contaminación, foco ahorrador. Las necesidades de energía aumentaron, y la cantidad de energía disponible empezó a ser reconocida como un problema. Algunos países realizaron importantes esfuerzos para fomentar el desarrollo de sistemas más eficaces de utilización de la energía eléctrica.

Dichos sistemas y su integración general aumentaron el control, la velocidad y la complejidad de las tareas implicadas. Se consiguió que con un consumo significativamente menor, se pudiesen conectar más dispositivos a la misma red con el mismo porcentaje de utilización. Normativas que afectan a la calidad de la energía y a los equipos de medición

- EN 61010, como cualquier equipo de medida eléctrico, los analizadores de redes trifásicos deben cumplir con los requisitos de esta importante Norma Europea de seguridad.
- EN 50082-1, Directivas de Baja Tensión y Compatibilidad Electromagnética, necesarias para el marcado CE de los equipos
- UNE-EN 50160, “Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución”.
- UNE-EN 61000-3-2, Norma Europea que define las condiciones para la medición y limitación de los armónicos emitidos por las cargas conectadas a los sistemas hasta el orden 40 de la fundamental (2.000Hz).

3.2. TIPOS DE CARGA

Hubo una época en que había la suficiente cantidad de energía eléctrica. Se construían redes y fábricas por todo el mundo, proporcionando beneficios económicos y crecimiento industrial. En un determinado momento, las necesidades de energía aumentaron, y la cantidad de energía disponible empezó a ser reconocida como un problema. Algunos países realizaron importantes esfuerzos para fomentar el desarrollo de sistemas más eficaces de utilización de la energía eléctrica. Dichos sistemas y su integración general aumentaron el control, la velocidad y la complejidad de las tareas implicadas. Se consiguió que con un consumo significativamente menor, se pudiesen conectar más dispositivos a la misma red con el mismo porcentaje de utilización. Sin embargo estos nuevos sistemas resultaron ser más susceptibles a las perturbaciones del entorno, apareciendo las primeras evidencias de la nueva situación: distorsiones, alteraciones, perturbaciones en general. La problemática estaba, pues, servida. La directiva del Consejo sobre Responsabilidad legal derivada de un producto (85/374/EEC), califica explícitamente la electricidad como un producto. El comprador se convierte en cliente y la energía eléctrica se convierte en mercancía. El cliente espera que el precio del producto sea establecido de acuerdo con su calidad. Surge, pues, un nuevo concepto: “Calidad de energía”. según un criterio EMC (compatibilidad electromagnética – CEM) el término “calidad de energía” se refiere a una amplia variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan a la tensión y a la

corriente en un momento determinado y en una localización determinada en el sistema de energía (IEEE 1159:1995 “práctica recomendada del IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) para el control de la calidad de energía eléctrica”). La IEC 61000-4-30 “Técnicas de comprobación y medición-métodos de medición de la calidad de energía” (en preparación) define la calidad de energía como: “las características de la electricidad en un punto determinado del sistema eléctrico, evaluado frente a una serie de parámetros técnicos de referencia”. Independientemente de la definición que se utilice, la calidad de energía es un asunto de gran importancia estratégica en el mercado económico abierto de la electricidad. Al final, los usuarios asocian directamente la calidad de la energía que consumen con el número de problemas que experimentan. Lo importante es que existen muchas razones que animan a un enfoque sistemático y constante del control de los parámetros de calidad de energía, guiado por objetivos tanto técnicos como económicos y de marketing.

3.3. CARGAS LINEALES

Esto ocurre cuando la carga posee elementos como resistencias, inductancias y condensadores de valores fijos. Con estas características en el sistema se tiene un voltaje sinusoidal, una corriente también sinusoidal, y por lo general existe un desfase entre ellos. La mayor parte de las cargas eléctricas se tipifican como cargas convencionales; estas se comportan linealmente, lo cual significa que al aplicar una tensión, la forma de onda de la corriente conserva esa misma forma, aunque en general estará desplazado en el tiempo un ángulo (j). La iluminación incandescente y las cargas de calefacción son lineales en naturaleza. Esto es, la impedancia de la carga es esencialmente constante independientemente del voltaje aplicado. En los circuitos AC la corriente se incrementa proporcionalmente al incremento del voltaje y disminuye proporcionalmente a la disminución de la tensión.

3.4. CARGAS NO LINEALES

Las cargas no lineales son todas aquellas que generan corrientes no sinusoidales, es decir, corrientes que además de la componente fundamental tienen otras que son múltiplos enteros de la fundamental y que se conocen como armónicos. Este tipo de cargas ha existido en los sistemas eléctricos desde el principio, principalmente eran de tipo magnético, como las corrientes de excitación de los transformadores y los balastos magnéticos de luminarias tipo fluorescente. Su influencia era escasa. La aparición de la electrónica ha mejorado mucho las propiedades de los productos pero ha traído consigo,

entre otros problemas, la generación de armónicos. Las cargas no lineales demandan una corriente no senoidal, cuyo paso por la impedancia del sistema provoca una caída de voltaje no senoidal, lo cual se traduce en una distorsión de voltaje en terminales de la carga. Entre las cargas no lineales más comunes tenemos los convertidores estáticos, dispositivos magnéticos saturados y hornos de arco. Con una carga no lineal no se tiene relación directa entre el voltaje y la corriente como las lineales. El uso de las cargas no lineales se ha incrementado considerablemente en los últimos años. Los convertidores estáticos son las cargas no lineales más utilizadas en la industria donde se las usa para una gran variedad de aplicaciones, tales como fuentes de poder para procesos electroquímicos, variadores de velocidad y fuentes ininterrumpibles de poder (UPS). Una alta distorsión de corriente provoca calentamiento excesivo en conductores y transformadores así como interferencia en equipos de comunicación mientras que la distorsión del voltaje provoca una operación incorrecta de equipos sensibles (computadoras, micros controladores, equipos electrónicos, máquinas de rayos X).

Los efectos de las cargas no lineales en los sistemas eléctricos son:

- Distorsión de voltaje en el Sistema eléctrico
- Interrupción de procesos productivos
- Altos niveles de voltaje de neutro a tierra
- Sobrecalentamientos en los transformadores y elevados campos electromagnéticos.
- Disminución en la capacidad de los equipos de distribución
- Penalizaciones tarifarias debido al bajo factor de potencia.

3.5. PERTURBACIONES EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS

Desde un punto de vista teórico, una calidad de suministro “perfecta” implica la existencia de un sistema trifásico de tensiones:

- Permanentes en el tiempo
- Totalmente equilibradas
- Perfectamente senoidales
- De amplitud igual a su valor nominal
- De frecuencia 60Hz.

En el punto de conexión entre el usuario final y la compañía eléctrica. Cualquier alteración transitoria de alguna de estas características se denomina perturbación de red.

De esta idea surge la necesidad de definir los cuatro parámetros fundamentales que determinan la calidad de la onda de tensión: Frecuencia, Amplitud, Forma, Simetría.

3.5.1. TRANSITORIOS

En ingeniería eléctrica el término transitorio caracteriza a aquellos eventos indeseables en el sistema que son de naturaleza momentánea.

3.5.2. TRANSITORIO IMPULSIVO

Un transitorio impulsivo no provoca alteraciones en las condiciones de estado estable de tensión o corriente, su polaridad es unidireccional, esto es, positivo o negativo. Debido a la falta de frecuencia un transitorio impulsivo es atenuado rápidamente al recorrer la resistencia presente de los componentes del sistema y no se propagan muy lejos del lugar donde fueron generados. Son considerados transitorios de origen atmosféricos y son también llamados impulsos atmosféricos. Como principal efecto de este disturbio tenemos que puede causar una falla inmediata en el aislamiento de los equipos y fuentes electrónicas.

3.5.3. TRANSITORIO OSCILATORIO

Un transitorio oscilatorio consiste de variaciones de tensión y corriente cuyos valores instantáneos cambian de polaridad rápidamente. Normalmente son resultado de modificaciones de la configuración de un sistema como por ejemplo, maniobras en líneas de transmisión, enclavamiento de bancos de capacitores. Como el transitorio impulsivo el transitorio oscilatorio puede causar la quema o daños en los equipos electro – electrónicos.

3.5.4. VARIACIONES DE CORTA DURACION

Las variaciones de tensión de corta duración generalmente se originan por las fallas de un sistema eléctrico, energización de grandes bloques de carga. Dependiendo de la localización de la falla y de las condiciones de operación del sistema, la falla puede ocasionar elevación de tensión (Swell), depresión de tensión (Sag) o una interrupción.

a) INTERRUPCION

Una interrupción se caracteriza por ser un decremento de la tensión de alimentación a un valor menor que 0,1 [p.u] por un período de tiempo de 0,5 ciclos a un minuto. Una interrupción puede ser resultado de fallas en el sistema eléctrico, fallas de los equipos o el mal funcionamiento de los sistemas de control. La duración de la interrupción debido a fallas en el sistema está determinada por los eventos que generan la falla. De modo

general, las interrupciones casi siempre causan daño o mal funcionamiento de los equipos electrónicos.

b) SAG

Los huecos de tensión son breves caídas de tensión que aparecen en nuestros sistemas de potencia de forma ocasional. Su duración comprende desde $\frac{1}{2}$ ciclo a 10 segundos. Su profundidad va desde el 10% y el 100% de la tensión nominal. A partir del 90% se denomina micro-corte, según algunas nomenclaturas. Las causas más frecuente de huecos y microcortes son, por un lado los fallos (cortocircuitos, averías en general) producidos en puntos del sistema de potencia en su fase de transporte y distribución. Por otro lado, la conexión repentina de grandes cargas a la línea. También pueden ser producidos por un cableado o conexiones defectuosas dentro de la instalación. En general, los huecos suelen atender a fenómenos producidos en puntos lejanos de la red, mientras que los microcortes son originados en la propia línea de la instalación del cliente.

c) SWELL

El salto de tensión es caracterizado por el incremento del valor eficaz de la tensión en el orden de 1,1 a 1,8 [p.u.] con una duración entre 0,5 a 1 minuto. El salto de tensión es generalmente asociado a condiciones de falla desequilibrada en el sistema, salida de grandes bloques de carga y entrada de bancos de capacitores. El salto de tensión puede causar degradación y falla inmediata del aislamiento de los equipos y fuentes electrónicas, quema de varistores y de diodos zener.

3.5.5. VARIACIONES DE LARGA DURACION

Engloban variaciones del valor eficaz de la tensión durante un tiempo superior a minuto, por lo tanto son consideradas como disturbios de régimen permanente [4]

a) INTERRUPCION SOSTENIDA

Se considera una interrupción sostenida a la reducción de la tensión de alimentación al valor de cero por un tiempo superior a un minuto. Son de naturaleza permanente y requieren intervención manual para restablecimiento de la energía eléctrica del sistema.

b) SUBTENSION

Las su tensiones son definidas como una reducción del valor eficaz de la tensión de 0,8 a 0,9 [p.u.] por un período superior a 1 minuto. La entrada de carga o salida de bancos de capacitores pueden provocar sub tensiones, esto hace que los equipos de regulación de tensión del sistema actúen y retornen la tensión a sus límites normales, estas sub tensiones

también pueden ser causadas por sobrecargas en los alimentadores. Las sub tensiones causan un aumento en las pérdidas en los motores de inducción, parada de la operación de dispositivos electrónicos y mal funcionamiento de los sistemas de mando de motores.

c) SOBRETENSION

Las sobretensiones son caracterizadas por el aumento del valor eficaz de la tensión de 1,1 a 1,2 [p.u.] durante un tiempo superior a 1 minuto. Las sobretensiones pueden tener origen en la salida de grandes bloques de carga, entrada de bancos de capacitores y también al ajuste incorrecto de los taps de los transformadores.

3.5.6. DESBALANCE DE TENCION

Es definido como la razón entre la componente de secuencia negativa y la componente de secuencia positiva. La tensión de secuencia negativa en los sistemas de potencia es el resultado del desequilibrio de carga lo cual causa un flujo de corriente de secuencia negativa. Un desequilibrio de tensión puede ser estimado como el máximo desvío de la media de las tensiones de las tres fases dividido por la media de las tensiones, expresado en forma de porcentaje. La principal fuente de desequilibrio de tensión es la conexión de cargas monofásicas en circuitos trifásicos; anomalías en bancos de capacitores.

3.5.7. DISTORSION DE LA FORMA DE ONDA

La distorsión de la forma de onda es un desvío, en régimen permanente, de la forma de onda de corriente o tensión en relación a la señal sinusoidal pura. Una distorsión es la alteración de la forma original (o cualquier otra característica) de una forma de objeto, imagen, sonido, forma de onda o de otro tipo de información o representación. La distorsión es por lo general no deseada y, a menudo se emplean diversos métodos para reducir al mínimo en la práctica. La adición de ruido u otras señales extrañas (zumbidos, interferencias) no se considera una distorsión, aunque los efectos de la distorsión de cuantificación se consideran a veces el ruido.

3.5.8. ARMONICOS

Una perturbación armónica es una deformación de la onda respecto de la onda senoidal pura. Los armónicos son tensiones o corrientes de frecuencia múltiplo entero de la frecuencia fundamental (ejemplo: 180 Hz en nuestra red de 60Hz). Se llaman interarmónicos a señales que no son múltiplos enteros (ejemplo: 300 Hz en nuestra red de 60Hz). Son en general poco frecuente, se dice que existe distorsión armónica cuando debido a la presencia de armónicos en la señal, prácticamente pura, que generan las

centrales eléctricas, ésta sufre deformaciones serias que afectan a su forma. Aunque la señal sea de 60Hz, ésta contiene componentes de alta frecuencia. Esta distorsión armónica depende de los armónicos presentes, de sus magnitudes y de las fases en las que se encuentren. En relación con los armónicos, se han definido tasas que no deben ser sobrepasadas (niveles CEM), en el tiempo, en un determinado porcentaje, que expresamos en función de lo que se llama el factor de distorsión armónica total (THD). El THD3 que nos indica el nivel porcentual de distorsión armónica con respecto de la señal principal. La tasa de distorsión total (THD%) admitida es del 3% para Alta Tensión y del 8% para Media y Baja Tensión, entendiendo como Alta Tensión a tensiones superiores a 30kV, Media Tensión las comprendidas entre 1 y 30kV, y Baja Tensión a tensiones inferiores a 1kV.

3.5.9. CLASIFICACION DE LOS ARMONICOS

Los armónicos se clasifican por su orden y secuencia. El orden nos dice por qué número entero debemos multiplicar la frecuencia nominal de 60Hz. Un armónico de orden 7 sería, por tanto, una señal de 420Hz. Los armónicos impares son los que se encuentran en las instalaciones eléctricas, industriales y edificios comerciales. Los armónicos pares sólo existen cuando se produce asimetría en la señal debido a la componente continua. En general son de escasa consideración en las instalaciones eléctricas, salvo casos particulares.

La secuencia puede ser positiva, negativa o nula, provocando aceleración o deceleración de motores en los dos primeros casos, o en el caso de los de secuencia nula, también llamados homopolares no presentan efectos sobre el giro del motor, pero se suman en el cable de neutro. También se conocen como armónicos TRIPLE-N, por ser múltiplos enteros de 3. Éstos son de suma importancia, tanto por su alta presencia como por sus efectos. En los circuitos trifásicos con conductor neutro las tres corrientes de fase R, S y T no se cancelan en el neutro, sino que, de forma contraria, se suman algebraicamente, originando una elevada corriente que, en ocasiones, puede llegar a ser incluso superior a las corrientes de fase. En las instalaciones eléctricas con gran número de equipos electrónicos en general, sobre todo equipos informáticos, existe una gran proporción de armónicos TRIPLE-N, especialmente el tercero y el noveno. En estas instalaciones la sobrecarga de corriente en el neutro puede ser muy seria, pudiéndose alcanzar intensidades incluso de 1,5 a 2 veces la intensidad de cada fase. Tradicionalmente se utilizaban secciones inferiores para el conductor de neutro, incluso la mitad algunas veces. Esto supone un ahorro, pero cada vez es menos recomendable por el motivo recién visto. De

hecho, en el REBT 2002 se requiere tener muy en cuenta la presencia de armónicos al determinar la sección del conductor neutro. En caso de instalaciones trifásicas sin neutro, no existen armónicos TRIPLE-N en las fases. Sin embargo el espectro final tendrá mayor contenido en el resto de armónicos.

3.5.10. MEDICION DE LOS ARMONICOS

El término armónico se utiliza normalmente para el valor rms (eficaz) de una onda armónica. La presencia de armónicos es evaluada a través de la distorsión armónica total (THD). Los armónicos de tensión son declarados como THDU. THDU es una relación del valor rms (eficaz) del armónico de tensión con el valor rms del fundamental, y se expresa normalmente como valor porcentual, aunque también puede ser expresado con su amplitud (ck) o valores rms. Para las mediciones de calidad de energía, el análisis de armónicos es reducido al 50° armónico, es decir, a 3000 Hz para una red de 60 Hz. El ángulo de fase entre los armónicos de tensión y el fundamental no se considera un asunto relevante para la calidad de energía. No obstante, el desfase entre armónicos de tensión y de corriente del mismo orden puede ser utilizado para localizar el origen de la perturbación armónica. Todo lo que ha sido presentado para los armónicos de tensión es también válido para los armónicos de corriente y THDI. [5]

3.5.11. ORIGEN DE LOS ARMONICOS

Las cargas no lineales (cargas contaminantes) consumen corriente con una alta THDI (forma de onda no sinusoidal). Los armónicos de corriente generados originan una caída de tensión no sinusoidal en la impedancia de los transformadores, provocando una deformación en la onda de tensión de realimentación, causando además saturación y sobrecalentamiento en los núcleos de dichos transformadores.

3.5.12. EFECTOS QUE PRODUCEN LOS ARMONICOS

En la actualidad los instaladores eléctricos se enfrentan continuamente a nuevos y “misteriosos” problemas y situaciones:

- Las corrientes de fase están perfectamente equilibradas, pero la corriente de neutro es más elevada que la de fase.
- Los transformadores de potencia se calientan excesivamente con cargas inferiores a la nominal.
- Las baterías de condensadores para compensar reactiva no se pueden instalar, pues un excesivo calentamiento destruye los condensadores.

- Magnetotérmicos y fusibles que saltan/funden a corrientes inferiores a los valores nominales. Disparos eventuales de los interruptores diferenciales.
- Tensiones neutro-tierra distintas de cero.

Todas estas situaciones tienen siempre la misma explicación: los armónicos. Los efectos de los armónicos, si no se controlan, pueden llegar a ser realmente preocupantes y peligrosos. Se nota en la distorsión de la onda senoidal .

3.5.13. RUIDO

El fenómeno conocido como ruido es una señal indeseable, como espectro de frecuencia amplia, menor que 200 [kHz], de baja intensidad, superpuesto a la corriente o tensión en los conductores de fase, o encontrado en los conductores de neutro. Normalmente este tipo de interferencia es resultado de operaciones defectuosas, de equipos, instalación inadecuada de componentes en el sistema por las empresas suministradoras o por los usuarios y por los aterrizamientos impropios.

3.5.14. FLUCTUACION DE TENSION

Las fluctuaciones de tensión son variaciones sistemáticas del perfil de la tensión o una serie de variaciones aleatorias de la magnitud de la tensión, las cuales normalmente exceden el límite especificado de 0,95 a 1,05 [p.u.].

a) FLIKER

Se define como Flicker o parpadeo a una variación rápida y cíclica del Voltaje, que causa una fluctuación correspondiente en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano, mostrado a través de un osciloscopio las fluctuaciones de voltaje en la onda senoidal. Umbral de irritabilidad del Flicker. Fluctuación máxima de luminancia que puede ser soportada sin molestia por una muestra específica de población. Índice que evalúa la severidad del Flicker en cortos intervalos de tiempo (intervalo de observación base de 10 minutos). Se considera $P_{st} = 1$ como el umbral de irritabilidad.

Índice de severidad del Flicker de larga duración (P_{lt}): Índice que evalúa la severidad del Flicker en largos intervalos de tiempo (intervalo de observación base de 2 horas), teniendo en cuenta los sucesivos valores del índice de severidad del Flicker de corta duración según la siguiente expresión:

Nivel de Referencia: Se define como aquel nivel de perturbación garantizado en un dado punto de suministro (definido para cada tipo de perturbación), que asegura que si no es sobrepasado en un tiempo mayor al 5% del período de medición, la calidad del producto

técnico es adecuada y existe compatibilidad electromagnética satisfactoria entre las instalaciones y equipos del consumidor con la red de suministro. Estos Niveles de Referencia son garantizados, lo que significa que en cualquier punto de suministro es exigible el Nivel de Referencia con la probabilidad especificada (95 %), y se corresponden a valores establecidos por normativa internacional. Dichos valores no pueden ser sobrepasados durante más de un 5% del período de medición.

El índice de tolerancia máxima para el Flicker está dado por:

$$Pst \leq 1.$$

Dónde: Pst: Índice de severidad de Flicker de corto plazo

3.5.15. PERTURBACIONES LOCALIZACION Y ORIGEN

La calidad de la energía eléctrica que va a alimentar nuestra instalación es una suma del tipo de onda de tensión que nos llega al transformador por parte de la compañía eléctrica, más las características de las cargas que vamos a conectar: por un lado produciremos huecos de tensión y microcortes si conectamos grandes cargas de forma brusca, y por otro inyectaremos armónicos en nuestra instalación sin dichas cargas son no lineales. A estas dos importantes áreas bastante conocidas, hay que añadirle una tercera parte poco considerada normalmente que es la de la calidad de la propia instalación: buena sección de cable, buenas conexiones, buena repartición de circuitos y buena resistencia de tierra.

CAPITULO IV

4.1. PUNTOS SELECCIONADOS

Para llevar a cabo el estudio, se han realizado mediciones eléctricas en la subestaciones principales de la Planta ASSA1 y Planta ASSA2 y TSR, a la salida de los transformadores en el lado de baja tensión, así como las condiciones de carga de operación en los siguientes puntos:

Subestación ASSA 1 SUMINISTRO MT N° 390011

- 1.- Salida Transformador de 1000KVA, 10/0.46 kV
- 2.- Salida Transformador de 800KVA, 10/ 0.46 kV
- 3.- Salida Transformador de 320KVA, 10/0.23 kV

Subestación ASSA 2 SUMINISTRO MT 414144

- 4.- Salida Transformador de 1600KVA, 10/0.46 kV
- 5.- Salida Transformador de 1250KVA, 10-22.9/0.40 kV
- 6.- Salida Transformador de 250KVA, 10-22.9/0.23 kV
- 7.- Salida Transformador de 640KVA, 10/0.40 kV
- 8.- Salida Transformador de 640KVA, 10-22.9/0.46 kV

Subestación TSR SUMINISTRO MT 527837

- 9.- Salida Transformador de 640KVA, 10/0.46 kV
- 10.- Salida Transformador de 700KVA, 10-22.9/0.46 kV (Ramal)
- 11.- SUMINISTRO BT 564282
- 12.- SUMINISTRO BT 836802
- 13.- SUMINISTRO BT 494719
- 14.- SUMINISTRO BT 1343674

4.2. PERIODO DE MEDICION

Para evaluar las condiciones de carga y la influencia de la calidad de energía sobre la operación de los equipos dentro de la planta textil AS S.A., se han efectuado los registros

de las siguientes variables en la subestaciones eléctricas de las Planta 1 y Planta 2, específicamente a la salida de los transformadores de cada subestación respectivamente.

- Potencia activa y reactiva (kW y kVAR).
- Tensión y corriente (en valores mínimos, promedios y máximos)
- Armónicas de tensión y corriente.
- THD de tensión y corriente.
- Índice de severidad flicker.

Los períodos de los registros e intervalos de medición fueron:

El periodo utilizado en cada punto de medición fue de 7 días continuas con un intervalo de medición de 10 minutos cumpliendo con la NTCSE y en algunas cargas puntuales adicionales fueron de 2, 4 y 6 días pues al ser una empresa que trabaja los 7 días de la semana en 3 turnos de 8 horas los diagramas de carga eran aproximadamente iguales. [6]

La relación de los principales registros efectuados se muestra en las tablas siguientes.

Tabla N° 4.1 Puntos de Medición en ASSAI

PUNTO DE MEDICION	TENSION (V)	EQUIPO	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	INTERVALO
SUMINISTRO MT 390011					
SALIDA TRANSFORMADOR 1000KVA	460	UNILYZER	23/06	29/06	10min
SALIDA TRANSFORMADOR 800KVA	460	UNILYZER	23/06	29/06	10min
SALIDA TRANSFORMADOR 320KVA	230	UNILYZER	23/06	29/06	10min

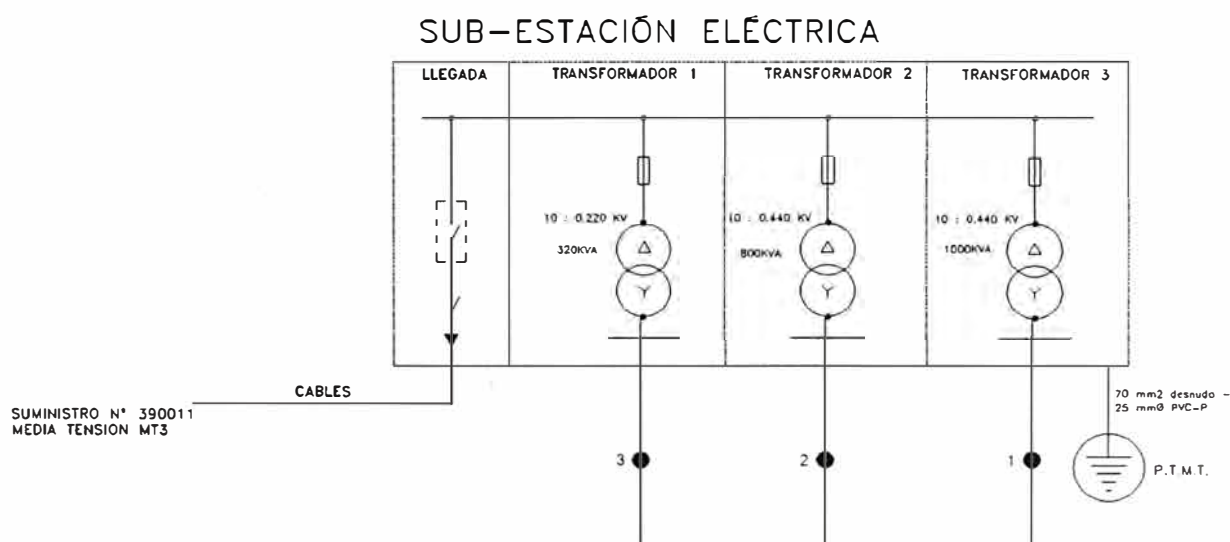


Fig. 4.1 Puntos de Medición en ASSAI

Tabla N° 4.2 Puntos de Medición en ASSA2

PUNTO DE MEDICION SUMINISTRO MT 414144	TENSION (V)	EQUIPO	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	INTERVALO
SALIDA TRANSFORMADOR 1600KVA	460	UNILYZER	01-07	07-07	10min
SALIDA TRANSFORMADOR 1250KVA	400	UNILYZER	28-06	04-07	10min
SALIDA TRANSFORMADOR 250KVA	230	UNILYZER	01-07	07-07	10min
SALIDA TRANSFORMADOR 640KVA	400	UNILYZER	01-07	07-07	10min
SALIDA TRANSFORMADOR 640KVA	440	UNILYZER	04-07	14-07	10min

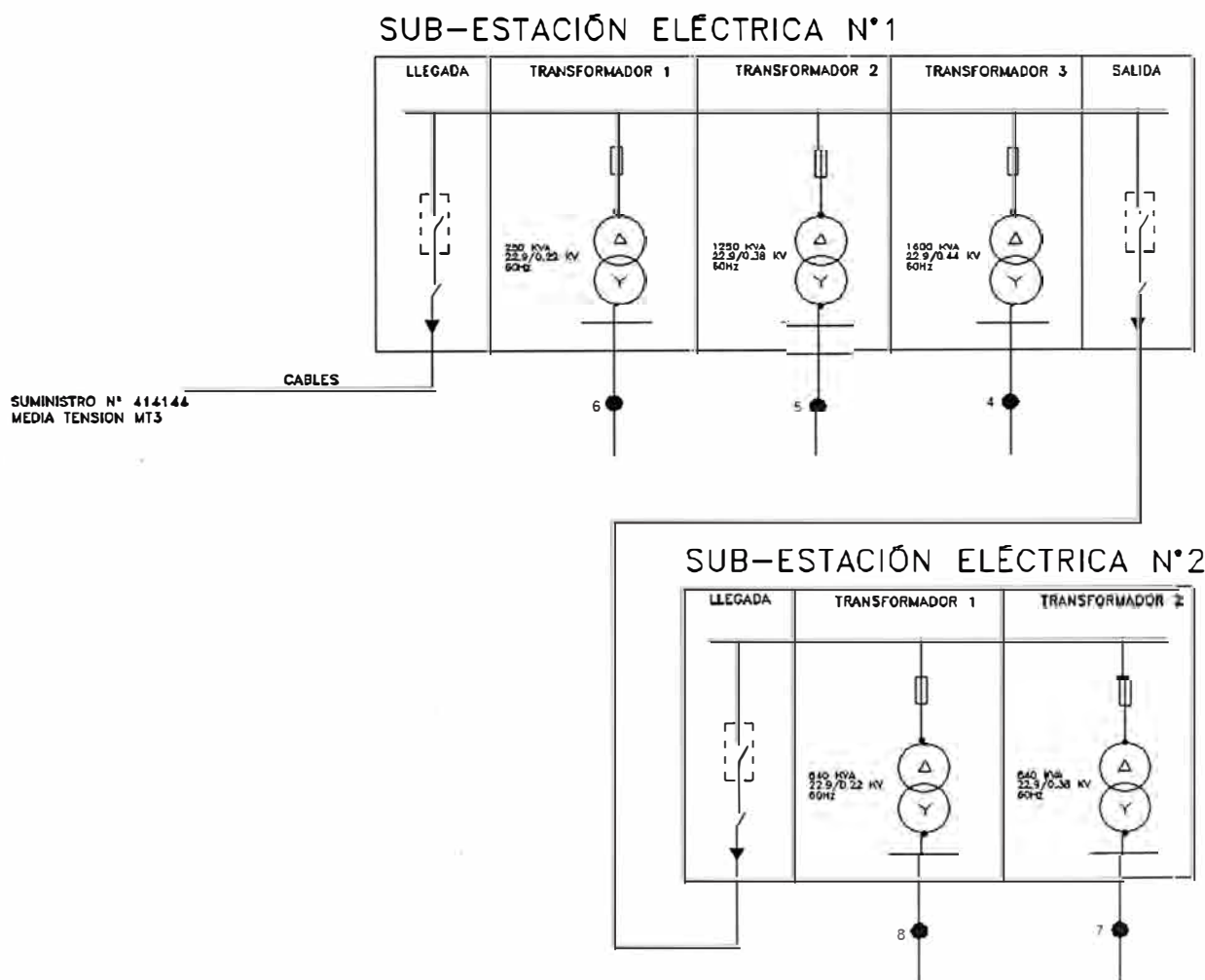


Fig. 4.1 Puntos de Medición en ASSA2

Tabla N° 4.3 Puntos de Medición en TSR

PUNTO DE MEDICION	TENSION (V)	EQUIPO	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	INTERVALO
SUMINISTRO MT 527837					
SALIDA TRANSFORMADOR 640KVA	460	UNILYSER	07-07	14-07	10min
SALIDA TRANSFORMADOR 700KVA	460	UNILYSER	14-07	21-07	10min
SUMINISTRO BT 564282	220	UNILYSER	08-07	14-07	10min
SUMINISTRO BT 836802	220	UNILYSER	22-07	23-07	10min
SUMINISTRO BT 494719	220	UNILYSER	15-07	22-07	10min
SUMINISTRO BT 1343674	220	UNILYSER	15-07	22-07	10min

SUB-ESTACIÓN ELÉCTRICA

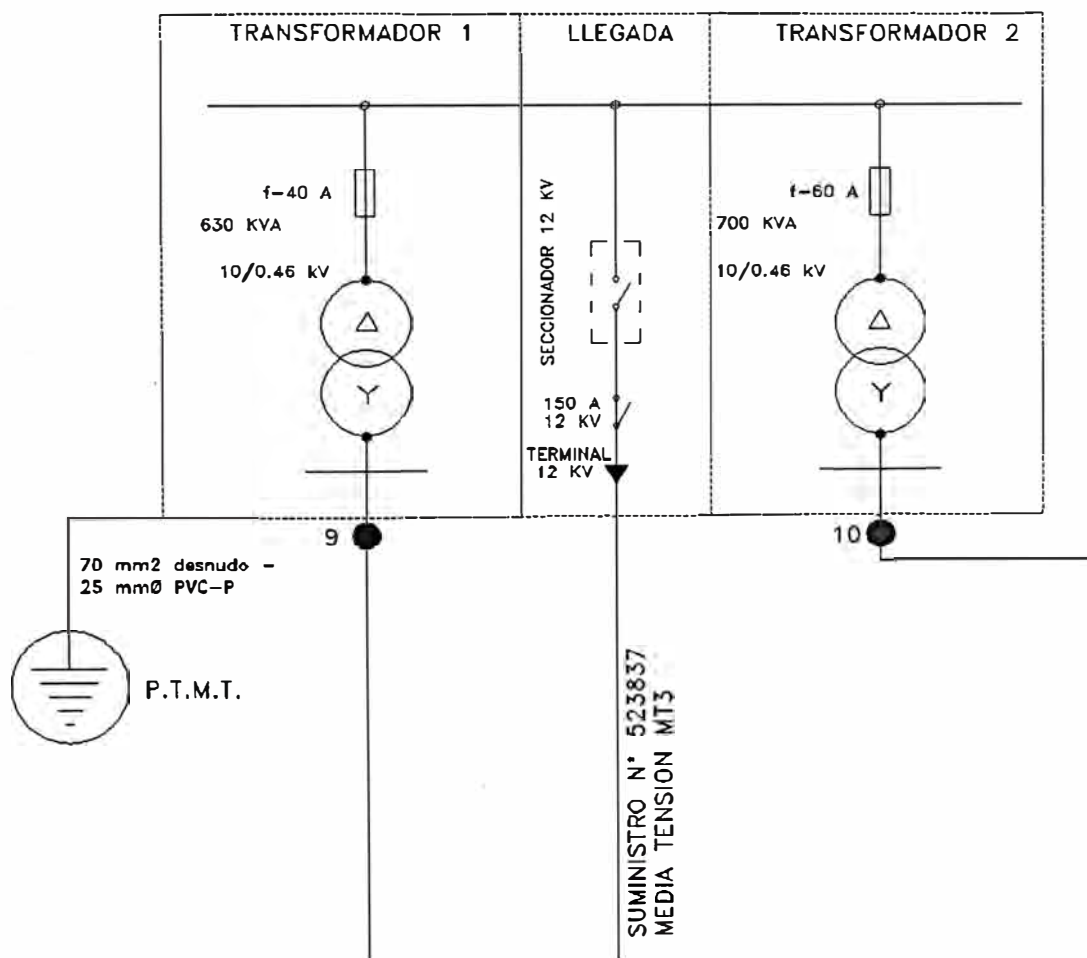


Fig. 4.3 Puntos de Medición en TSR

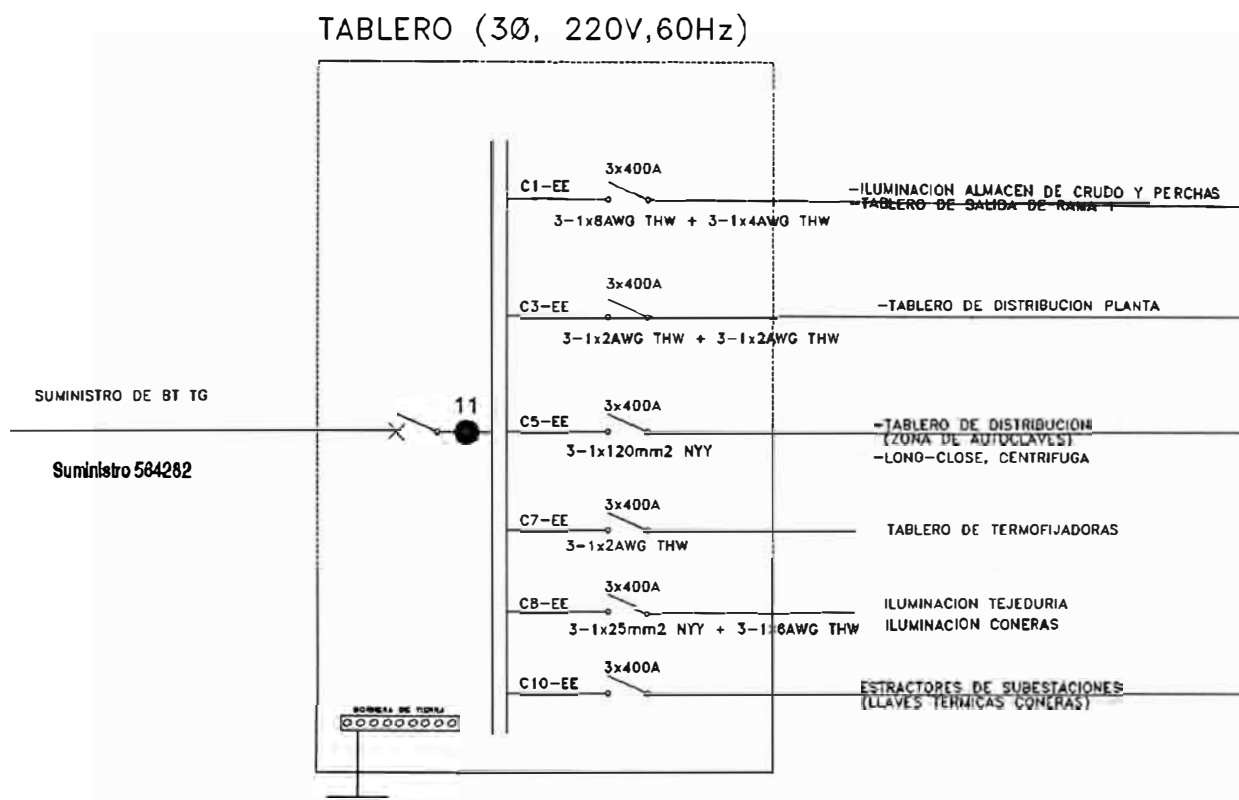


Fig. 4.4 Punto suministro 564282

4.3. ANALISIS DE MEDICIONES OBTENIDAS

Los valores obtenidos son los indicadores del estado actual de operación de los componentes principales del sistema eléctrico de la planta textil ASSA. Estos valores son el producto del nivel de calidad del suministro de la red externa así como de la utilización de los equipos internos de la planta, por lo tanto, el análisis efectuado reflejará las condiciones de funcionamiento de las instalaciones en los días que se realizaron las mediciones.

SUMINISTRO N°1 390011

Éste suministro alimenta a la Planta de AS (1er Local) a través de 3 Transformadores, los cuales tienen las siguientes características:

Tabla N° 4.4 Puntos de Medición en Suministro N°1

TRANSFORMADOR	POTENCIA (KVA)	RELACION DE TRANSFORMACION
T1	1000	10/0.46 kV
T2	800	10/0.46 kV
T3	320	10/0.23 kV

4.3.1. MEDICIÓN TRANSFORMADOR N° 1 – 1000 KVA (23/06-29/06)

Se obtuvieron los siguientes resultados:

a) POTENCIA

De los registros obtenidos en las mediciones con el analizador Unilyzer 902 efectuadas a partir del día 23 al 29 de junio se tiene la siguiente Tabla

Tabla N° 4.5 Valores promedios obtenidos

VALORES	P(kW)	Q (kVAR)	F.D.P
Máximo	744.2398	97.2066	1.0000
Promedio	649.1856	62.8257	0.9951
Mínimo	526.8198	25.7600	0.9900

En la Fig. A.1 del anexo A se muestra la variación de la carga de la Subestación en Media Tensión correspondiente a la salida del transformador N° 2 de 800 KVA para este periodo de medición. Comportamiento variable durante el período de medición, demanda promedio de 649.1856 kW. Cabe resaltar que la máxima demanda ocurrió el día 25 de junio a las 22:45 horas, alcanzando el valor de 744.05 kW.

b) TENSION

En la Fig. A.2 del anexo A se muestra la variación del nivel de tensión, durante el período de medición para este transformador. El nivel de tensión en la salida del transformador N° 2 de 1000 KVA de la planta textil AS S.A. presenta una tensión promedio de 447.53 Voltios, alcanzando una tensión máxima de 459.51 Voltios y una mínima de 435.18 Voltios. De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la tabla N° A.1 del anexo A. No presenta variaciones de tensión fuera de los rangos permitidos por la NTCSE (5%).

c) CORRIENTE

En la Fig. A.3 del anexo A se muestra la variación de corriente promedio, durante el período de medición. El comportamiento es variable durante el período de medición, en donde el máximo valor de corriente registrado por el analizador es de 999.38 Amperios en la fase R, ocurrida el 25 de junio a las 22.40 horas. Además se observa una considerable disminución en el nivel de corriente la cual llega a un valor mínimo de 680.8 Amperios.

De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la tabla N° A.2 del anexo A

d) ARMONICOS:

El THD de tensión (6.2%) cumple los valores recomendados por la NTCSE (8%), pero no cumple los límites de la IEEE-519 (5%). Para el caso del Análisis de los Armónicos Individuales de Tensión y Corriente si bien no sobrepasan los límites (NTCSE y IEEE-519 respectivamente), se han registrado los siguientes valores muy cercanos a los límites.

Para las tensiones armónicas individuales del 2 al 20, las superiores (del 21 al 40) se registraron niveles despreciables como se puede apreciar en la Fig. A.4 del anexo A.

Para las corrientes armónicas:

Tabla N° 4.6 Corrientes armónicas representativas

ORDEN	Ih(%) Medido	Ih(%) – Límite IEEE 519	Ih(A)
3	0.63	12.00	5.38
5	9.11	12.00	78.13
11	3.87	5.50	33.13
15	0.39	5.50	3.37

e) EVENTOS Y TRANSITORIOS

No presenta Sags, Swells, ni Transitorios de Tensión.

Flicker (PST):

El valor percentil 95 del Flicker Pst (Perturbation of short time) es : $Pst(avg) = 0.63$. La tolerancia es $Pst = 1$ de acuerdo a la NTCSE, cumpliendo con los límites.

Frecuencia:

Los valores de frecuencia, cumplen con los límites recomendados por la NTCSE (+- 1%).

Análisis de Direccionalidad de Armónicos

El análisis de Direccionalidad de Armónicos por el Método de Superposición establece que la carga es la que inyecta los armónicos como se ve en la Fig. A.5 del anexo A. El análisis de Direccionalidad de Armónicos por el Método de Correlación establece que la carga es la que inyecta los armónicos como se ve en la Fig. A.6 del anexo A. El análisis de Direccionalidad de Armónicos por el Método de EMANUEL establece que la carga es la que inyecta los armónicos como se ve en la Fig. A.7 del anexo A.

4.3.2. MEDICIÓN TRANSFORMADOR N° 2 – 800 KVA (23/6 – 29/6)

Se obtuvieron los siguientes resultados:

a) POTENCIA

De los registros obtenidos en las mediciones con el analizador Unilyzer 902 efectuadas a partir del día 23 al 29 de junio se tiene la siguiente tabla resumen:

Tabla N° 4.7 Valores promedios obtenidos

VALORES	P(kW)	Q (kVAR)	F.D.P
Máximo	355.5066	0.0000	1.0000
Promedio	229.0117	-114.9781	0.9152
Mínimo	0.0000	-179.8999	0.8367

En la Fig. B.1 del anexo B se muestra la variación de la carga de la Subestación en Media Tensión correspondiente a la salida del transformador N° 2 de 800 KVA para este periodo de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde se presenta una demanda promedio de 229.01 kW. Cabe resaltar que la máxima demanda ocurrió el día 25 de junio a las 8:15 horas, alcanzando el valor de 355.51 kW.

b) TENSIÓN

En la Fig. B.2 del anexo B se muestra la variación del nivel de tensión, durante el período de medición para este transformador. [7]

Se observa que el nivel de tensión en la salida del transformador N° 2 de 800 KVA de la planta textil ASSA presenta una tensión promedio de 450.90 Voltios, alcanzando una tensión máxima de 458.79 Voltios y una mínima de 434.76 Voltios. De los registros obtenidos en las mediciones se tiene en la Tabla N° B.1 del anexo B. Presenta altas variaciones de tensión fuera de los rangos permitidos por la NTCSE (5%).

c) CORRIENTE

En la Fig. B.3 del anexo B se muestra la variación de corriente promedio, durante el período de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde el máximo valor de corriente registrado por el analizador es de 780.08 Amperios en la fase R, ocurrida el 25 de junio a las 08:10 horas. Además del gráfico se observa una considerable disminución en el nivel de corriente la cual llega a un valor mínimo de 561.54 Amperios. De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la Tabla N° B.2 del anexo B.

d) ARMONICOS:

El THD de tensión (9.84%) supera los límites recomendados tanto por la NTCSE (8%), como los límites de la IEEE-519 (5%). Para el caso del Análisis de los Armónicos Individuales de Tensión y Corriente (NTCSE e IEEE-519 respectivamente), se ha registrado lo siguiente. Para las tensiones armónicas individuales del 2 al 20, las Uh3, Uh5 y Uh15 presentan valores superiores a los límites establecidos en la normativa nacional como se aprecia en la Fig. B.4 del anexo B, las superiores (del 21 al 40) se registraron niveles despreciables:

Tabla N° 4.8 Corrientes armónicas representativas

ORDEN	Ih (%) Medido	Ih(%) ~ Límite IEEE 519	Ih(A)
3	0.79	12.00	5.51
5	8.93	12.00	62.29
11	3.94	5.50	27.51
15	0.44	5.50	3.06

e) EVENTOS Y TRANSITORIOS

No presenta Sags, Swells, ni Transitorios de Tensión.

Flicker (PST):

El valor percentil 95 del Flicker Pst (Perturbation of short time) es: $Pst(avg) = 0.636$. La tolerancia es $Pst = 1$ de acuerdo a la NTCSE, cumpliendo con los límites.

Frecuencia:

Los valores de frecuencia, cumplen con los límites recomendados por la NTCSE (+-1%).

4.3.3. MEDICIÓN TRANSFORMADOR N°3 – 320 KVA (23/06-29/06)

Se obtuvieron los siguientes resultados:

a) POTENCIA

De los registros obtenidos en las mediciones con el analizador Unilyzer 902 efectuadas a partir del día al 23 de junio se tiene la siguiente tabla:

Tabla N° 4.9 Valores promedios obtenidos

VALORES	P(kW)	Q (kVAR)	F.D.P
Máximo	41.0200	34.3467	1.0000
Promedio	22.4305	17.3332	0.8463
Mínimo	0.0262	-0.0224	0.7517

En la Fig. C.1 del anexo C se muestra la variación de la carga de la Subestación en Media Tensión correspondiente a la salida del transformador de 320 KVA de la Planta 1.

Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde se presenta una demanda promedio de 30 kW. Cabe resaltar que la máxima demanda ocurrió el día miércoles 23 de junio a las 17 horas, alcanzando el valor de 41.02 kW.

b) TENSION

En la Fig. C.2 del anexo C se muestra la variación del nivel de tensión, durante el período de medición del 23 de Junio. Se observa que el nivel de tensión en la salida del transformador de 320 KVA de la Planta 1 de AS S.A. presenta una tensión promedio de 225.3854 Voltios, alcanzando una tensión máxima de 230.7136 Voltios y una mínima de 219.7922 Voltios. De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la Tabla N° C.1 del anexo C. No presenta variaciones de tensión fuera de los rangos permitidos por la NTCSE (5%).

c) CORRIENTE

En el Fig. C.3 del anexo C se muestra la variación de la corriente promedio, durante el período de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde el máximo valor de corriente registrado por el analizador es de 272.47 Amperios, ocurrida el 23 de junio a las 17:00 horas. De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la Tabla N° C.2 del anexo C

d) ARMONICOS:

El THD de tensión (5.96%) no cumple los límites recomendados por la NTCSE (8%), pero no los límites de la IEEE-519 (5%). Para el caso del Análisis de los Armónicos individuales de Tensión y Corriente (NTCSE e IEEE-519 respectivamente), se observa lo siguiente:

Para las tensiones armónicas individuales se tiene la Fig. C.4 del anexo C.

Para las corrientes armónicas:

Tabla N° 4.10 Corrientes armónicas representativas

ORDEN	Ih (%) Medido	Ih(%) – Límite IEEE 519	Ih(A)
5	11.67	15.00	24.20
7	5.09	15.00	10.55
23	1.26	2.50	2.61

e) EVENTOS Y TRANSITORIOS

No se registraron Sags, ni Swells; pero si Transitorios de Tensión (39), siendo el más severo el siguiente:

Flicker (PST):

El valor percentil 95 del Flicker Pst (Perturbation of short time) es: $Pst(95) = 0.66$. La tolerancia es $Pst = 1$ de acuerdo a la NTCSE, cumpliendo con los límites.

Frecuencia:

Los valores de frecuencia, cumplen con los límites recomendados por la NTCSE (+- 1%).

SUMINISTRO N°2 (MT3):

Éste suministro alimenta a la Planta de Algodonera (2do Local) a través de 5 Transformadores, los cuales tienen las siguientes características:

Tabla N° 4.11 Puntos de Medición en Suministro N°2

TRANSFORMADOR	POTENCIA (KVA)	RELACION DE TRANSFORMACION
T1	1600	10/0.46 kV
T2	1250	22.9-10/0.46 kV
T3	250	22.9-10/0.23 kV
T4	640	10/0.4 kV
T5	640	22.9-10/0.46 kV

4.3.4. MEDICIÓN TRANSFORMADOR N°1 – 1600 KVA (01/07-07/07)

Se obtuvieron los siguientes resultados:

a) POTENCIA

De los registros obtenidos en las mediciones con el analizador Unilyzer 902 efectuadas a partir del día 01 de julio al 07 de julio se tiene el siguiente cuadro resumen:

Tabla N° 4.12 Valores promedios obtenidos

VALORES	P(kW)	Q (kVAR)	F.D.P
Máximo	805.0931	286.7666	1.0000
Promedio	387.9240	127.0415	0.9728
Mínimo	0.5375	0.0258	0.9400

En la Fig. D.1 del anexo D se muestra la variación de la carga de la Subestación en Media Tensión correspondiente a la salida del transformador N° 2 de 1600 KVA para este periodo de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de

medición, en donde se presenta una demanda promedio de 750.57 kW. Cabe resaltar que la máxima demanda ocurrió el día 06 de julio a las 02:30 horas, alcanzando el valor de 805.09 kW.

b) TENSION

En la Fig. D.2 del anexo D se muestra la variación del nivel de tensión, durante el período de medición para este transformador. Se observa que el nivel de tensión en la salida del transformador N° 3 de 1600 KVA de la planta textil AS S.A. presenta una tensión promedio de 447.53 Voltios, alcanzando una tensión máxima de 459.51 Voltios y una mínima de 435.18 Voltios. De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la Tabla N° D.1 del anexo D. No presenta variaciones de tensión fuera de los rangos permitidos por la NTCSE (5%).

c) CORRIENTE

En la Fig. D.3 del anexo D se muestra la variación de corriente promedio, durante el período de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde el máximo valor de corriente registrado por el analizador es de 999.38 Amperios en la fase R, ocurrida el 06 de julio a las 22:40 horas. Además del gráfico se observa una considerable disminución en el nivel de corriente la cual llega a un valor mínimo de 675.99 Amperios. De los registros obtenidos en las mediciones se tiene el siguiente la Tabla N° D.2 del anexo D.

Armónicos:

El THD de tensión (4.23%) no supera los límites recomendados por la NTCSE (8%), ni los límites de la IEEE-519 (5%). Para el caso del Análisis de los Armónicos Individuales de Tensión y Corriente (NTCSE e IEEE-519 respectivamente), se ha registrado lo siguiente, para las tensiones armónicas individuales del 2 al 20, las superiores (del 21 al 40) se registraron niveles despreciables como se muestra en la Fig. D.4 del anexo D.

Para las corrientes armónicas individuales:

Tabla N° 4.13 Corrientes armónicas representativas

ORDEN	Ih (%) Medido	Ih(%) – Límite IEEE 519	Ih(A)
5	12.08	15.00	126.26

Eventos y Transitorios:

No se registraron Sags, ni Swells; pero si Transitorios de Tensión (01), se muestra en la siguiente figura:

Flicker (PST):

El valor percentil 95 del Flicker Pst (Perturbation of short time) es: $Pst(avg) = 0.75$. La tolerancia es $Pst = 1$ de acuerdo a la NTCSE, cumpliendo con los límites.

Frecuencia:

Los valores de frecuencia, cumplen con la NTCSE (+-1%).

4.3.5. MEDICIÓN TRANSFORMADOR N° 2 – 1250 KVA (28/06-04/07)

Se obtuvieron los siguientes resultados:

a) POTENCIA

De los registros obtenidos en las mediciones con el analizador Unilyzer 902 efectuadas a partir del día 28 de junio al 4 de julio se tiene el siguiente cuadro resumen:

Tabla N° 4.14 Valores promedios obtenidos

VALORES	P(kW)	Q (kVAR)	F.D.P
Máximo	749.8398	38.8733	1.0000
Promedio	630.7525	6.8133	1.0000
Mínimo	477.3532	-13.3467	1.0000

En la Fig. E.1 del anexo E se muestra la variación de la carga de la Subestación en Media Tensión correspondiente a la salida del transformador N° 2 de 1250 KVA para este periodo de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde se presenta una demanda promedio de **632.26 kW**. Cabe resaltar que la máxima demanda ocurrió el día 30 de junio a las **7:30** horas, alcanzando el valor de **749.84 kW**.

b) TENSION

En la Fig. E.2 del anexo E se muestra la variación del nivel de tensión, durante el período de medición para este transformador. Se observa que el nivel de tensión en la salida del transformador N° 2 de 1250 KVA de la planta textil AS S.A. presenta una tensión promedio de **391.41 Voltios**, alcanzando una tensión máxima de **402.35 Voltios** y una mínima de **381.66 Voltios**. No presenta variaciones de tensión fuera de los rangos permitidos por la NTCSE (5%). De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la tabla N° E.1 del anexo E.

c) CORRIENTE

En la Fig. E.3 del anexo E se muestra la variación de corriente promedio, durante el período de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de

medición, en donde el máximo valor de corriente registrado por el analizador es de 1174.27 Amperios en la fase S, ocurrida el 30 de junio a las 19:00 horas. Además del grafico se observa una considerable disminución en el nivel de corriente la cual llega a un valor mínimo de 693.44 Amperios. De los registros obtenidos en las mediciones se tiene el siguiente cuadro resumen:

d) ARMONICOS

El THD de tensión (7.01%) supera los límites recomendados por la NTCSE (8%) y la IEEE-519 (5%). Para el caso del Análisis de los Armónicos Individuales de Tensión y Corriente (NTCSE e IEEE-519 respectivamente), se ha registrado en la Fig. E.4 del anexo E. Para las tensiones armónicas individuales del 2 al 20, las superiores (del 21 al 40) se registraron niveles despreciables:

Para las corrientes armónicas individuales:

Tabla N° 4.15 Corrientes armónicas representativas

ORDEN	Ih (%) Medido	Ih(%) - Límite IEEE 519	Ih(A)
5	14.03	12.00	136.93
7	4.59	12.00	44.83
11	6.63	5.50	64.68
13	3.18	5.50	31.05
15	0.39	5.50	3.84

Eventos y Transitorios:

No se registraron Sags, Swells, ni Transitorios de Tensión.

Flicker (PST):

El valor percentil 95 del Flicker Pst (Perturbation of short time) es: Pst=0.76. La tolerancia es Pst = 1 de acuerdo a la NTCSE, cumpliendo con los límites.

Frecuencia:

Los valores de frecuencia, cumplen con los límites recomendados por la NTCSE (± 1

4.3.6. MEDICIÓN TRANSFORMADOR N° 3 – 250 KVA (01/07-07/07)

Se obtuvieron los siguientes resultados:

a) POTENCIA

De los registros obtenidos en las mediciones con el analizador Unilyzer 902 efectuadas a partir del día 01 de julio al 7 de julio se tiene el siguiente cuadro resumen:

Tabla N° 4.16 Valores promedios obtenidos

VALORES	P(kW)	Q (kVAR)	F.D.P
Máximo	101.3600	9.5200	1.0000
Promedio	92.3043	4.0756	0.9996
Mínimo	85.7266	0.6067	0.9800

En la Fig. F.1 del anexo F se muestra la variación de la carga de la Subestación en Media Tensión correspondiente a la salida del transformador N° 2 de 250 KVA para este periodo de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde se presenta una demanda promedio de **92:22 kW**. Cabe resaltar que la máxima demanda ocurrió el día 6 de julio a las **11:15** horas, alcanzando el valor de **101.36 kW**.

b) TENSION

En la Fig. F.2 del anexo F se muestra la variación del nivel de tensión, durante el período de medición para este transformador. Se observa que el nivel de tensión en la salida del transformador N° 1 de 250 KVA de la planta textil AS S.A. presenta una tensión promedio de **225.30 Voltios**, alcanzando una tensión máxima de **230.18 Voltios** y una mínima de **219.71 Voltios**.

No presenta variaciones de tensión fuera de los rangos permitidos por la NTCSE (5%). De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la tabla N° F.1 del anexo F.

c) CORRIENTE

En la Fig. F.3 del anexo F se muestra la variación de corriente promedio, durante el período de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde el máximo valor de corriente registrado por el analizador es de 281.806 Amperios en la fase R, ocurrida el 6 de julio a las 11:50 horas. Además del grafico se observa una considerable disminución en el nivel de corriente la cual llega a un valor mínimo de 203.175 Amperios. De los registros obtenidos en las mediciones se tiene el siguiente cuadro resumen:

d) ARMONICOS

El THD de tensión (5.68%) no supera los límites recomendados por la NTCSE (8%), pero si los límites de la IEEE-519 (5%). Para el caso del Análisis de los Armónicos

Individuales de Tensión y Corriente (NTCSE e IEEE-519 respectivamente), se ha registrado lo siguiente:

Para las tensiones armónicas individuales del 2 al 20 se muéstrala Fig. F.4 del anexo F, las superiores (del 21 al 40) se registraron niveles despreciables.

Para las corrientes armónicas individuales.

Tabla N° 4.17 Corrientes armónicas representativas

ORDEN	Ih (%) Medido	Ih(%) - Límite IEEE 519	Ih(A)
5	4.88	15.00	12.38

Eventos y Transitorios:

No se registraron Sags, ni Swells; pero si Transitorios de Tensión (31), se muestra en la siguiente figura:

4.3.7. MEDICIÓN TRANSFORMADOR N° 4 – 640 KVA 10/0.40KV (01/07-07/07)

Se obtuvieron los siguientes resultados:

a) POTENCIA

De los registros obtenidos en las mediciones con el analizador Unilyzer 902 efectuadas a partir del día 01 de julio al 07 de julio se tiene el siguiente cuadro resumen:

Tabla N° 4.18 Valores promedios obtenidos

VALORES	P(kW)	Q (kVAR)	F.D.P
Máximo	261.3799	105.7933	0.9467
Promedio	201.3130	88.5327	0.9155
Mínimo	108.2200	53.9933	0.8750

En la Fig. G.1 del anexo G se muestra la variación de la carga de la Subestación en Media Tensión correspondiente a la salida del transformador N° 4 de 640 KVA para este periodo de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde se presenta una demanda promedio de **206.86 kW**. Cabe resaltar que la máxima demanda ocurrió el día 04 de julio a las **12:00** horas, alcanzando el valor de **261.38 kW**.

b) TENSION

En la Fig. G.2 del anexo G se muestra la variación del nivel de tensión, durante el período de medición para este transformador. Se observa que el nivel de tensión en la salida del transformador N° 4 de 640 KVA de la planta textil ASSA presenta una tensión

promedio de **389.75 Voltios**, alcanzando una tensión máxima de **398.55 Voltios** y una mínima de **379.98 Voltios**. No presenta variaciones de tensión fuera de los rangos permitidos por la NTCSE (5%). De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la tabla N° G.1 en el anexo G:

c) CORRIENTE

En la Fig. G.3 del anexo G se muestra la variación de corriente promedio, durante el período de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde el máximo valor de corriente registrado por el analizador es de 440.29 Amperios en la fase S, ocurrida el 07 de julio a las 02:00 horas. Además del gráfico se observa una considerable disminución en el nivel de corriente la cual llega a un valor mínimo de 107.20 Amperios.

De los registros obtenidos en las mediciones se tiene el siguiente cuadro resumen:

d) ARMONICOS

El THD de tensión (5.71%) no supera los límites recomendados por la NTCSE (8%), pero si los límites de la IEEE-519 (5%). Para el caso del Análisis de los Armónicos Individuales de Tensión y Corriente (NTCSE e IEEE-519 respectivamente), se ha registrado lo siguiente:

Para las tensiones armónicas individuales del 2 al 20 se muéstrala Fig. G.4 del anexo G, las superiores (del 21 al 40) se registraron niveles despreciables:

Para las corrientes armónicas individuales.

Tabla N° 4.19 Corrientes armónicas representativas

ORDEN	Ih (%) Medido	Ih(%) – Límite IEEE 519	Ih(A)
5	15.80	12.00	54.16
11	4.62	12.00	15.83

Eventos y Transitorios:

No se registraron Sags, ni Swells; pero si Transitorios de Tensión (22)

Flicker (PST):

El valor percentil 95 del Flicker Pst (Perturbation of short time) es: Pst=0.75. La tolerancia es Pst = 1 de acuerdo a la NTCSE, cumpliendo con los límites.

Frecuencia:

Los valores de frecuencia, cumplen con los límites recomendados por la NTCSE ($\pm 1\%$).

4.3.8. MEDICIÓN TRANSFORMADOR N° 5 – 640 KVA 22.9-10/0.460 (04/07-14/07)

Se obtuvieron los siguientes resultados:

a) POTENCIA

De los registros obtenidos en las mediciones con el analizador Unilyzer 902 efectuadas a partir del día 04 de julio al 14 de julio se tiene el siguiente cuadro resumen:

Tabla N° 4.20 Valores promedios obtenidos

VALORES	P(kW)	Q (kVAR)	F.D.P
Máximo	192.6399	88.0600	0.9350
Promedio	132.5788	60.9183	0.9095
Mínimo	84.9800	39.6200	0.8100

En la Fig. H.1 del anexo H se muestra la variación de la carga de la Subestación en Media Tensión correspondiente a la salida del transformador N° 5 de 640 KVA para este periodo de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde se presenta una demanda promedio de **131.81 kW**. Cabe resaltar que la máxima demanda ocurrió el día 09 de julio a las **10:30** horas, alcanzando el valor de **192.64 kW**.

b) TENSION

En la Fig. H.2 del anexo H se muestra la variación del nivel de tensión, durante el período de medición para este transformador. Se observa que el nivel de tensión en la salida del transformador N° 5 de 640 KVA de la planta textil AS S.A. presenta una tensión promedio de **450.43 Voltios**, alcanzando una tensión máxima de **464.25 Voltios** y una mínima de **438.98 Voltios**.

No presenta variaciones de tensión fuera de los rangos permitidos por la NTCSE (5%).

De los registros obtenidos en las mediciones se tiene el siguiente Tabla N° H.1 del anexo H:

c) CORRIENTE

En la Fig. H.3 del anexo H se muestra la variación de corriente promedio, durante el período de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde el máximo valor de corriente registrado por el analizador es de 440.29 Amperios en la fase R, ocurrida el 09 de julio a las 10:30 horas. Además del gráfico se observa una considerable disminución en el nivel de corriente la cual llega a un valor mínimo de 107.20 Amperios.

De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la tabla N° H.2 del anexo H.

d) ARMONICOS

El THD de tensión (5.29%) no supera los límites recomendados por la NTCSE (8%), pero si los límites de la IEEE-519 (5%). Para el caso del Análisis de los Armónicos Individuales de Tensión y Corriente (NTCSE e IEEE-519 respectivamente), se ha registrado lo siguiente:

Para las tensiones armónicas individuales del 2 al 20, las superiores (del 21 al 40) se registraron niveles despreciables:

Para las corrientes armónicas individuales:

Tabla N° 4.21 Corrientes armónicas representativas

ORDEN	Ih (%) Medido	Ih(%) - Límite IEEE 519	Ih(A)
5	15.80	12.00	30.52
11	4.62	12.00	8.92

Eventos y Transitorios:

No se registraron Sags, ni Swells; pero si Transitorios de Tensión (01)

Flicker (PST):

El valor percentil 95 del Flicker Pst (Perturbation of short time) es: Pst=0.669. La tolerancia es Pst = 1 de acuerdo a la NTCSE, cumpliendo con los límites.

Frecuencia:

Los valores de frecuencia, cumplen con los límites recomendados por la NTCSE ($\pm 1\%$).

SUBESTACION: PLANTA TSR

SUMINISTRO MT 527837

4.3.9. MEDICIÓN TRANSFORMADOR N° 1 – 640 KVA 10/0.46 (07/07-14/07)

Se obtuvieron los siguientes resultados:

a) POTENCIA

De los registros obtenidos en las mediciones con el analizador Unilyzer 902 efectuadas a partir del día 07 de julio al 14 de julio se tiene el siguiente cuadro resumen:

Tabla N° 4.22 Valores promedios obtenidos

VALORES	P(kW)	Q (kVAR)	F.D.P
Máximo	546.746	35.467	1.000
Promedio	371.320	-9.170	0.998
Mínimo	75.040	-50.587	0.950

En la Fig. I.1 del anexo I se muestra la variación de la carga de la Subestación en Media Tensión correspondiente a la salida del transformador N° 1 de 640 KVA para este periodo de medición. El comportamiento es variable durante el período de medición, en donde se presenta una demanda promedio de **431.59 kW**. Cabe resaltar que la máxima demanda ocurrió el día 09 de julio a las **04:30** horas, alcanzando el valor de **546.75 kW**.

b) TENSION

En la Fig. I.2 del anexo I se muestra la variación del nivel de tensión, durante el período de medición para este transformador. Se observa que el nivel de tensión en la salida del transformador N° 1 de 640 KVA de la planta textil TSR presenta una tensión promedio de **449.44 Voltios**, alcanzando una tensión máxima de **459.59 Voltios** y una mínima de **436.47 Voltios**.

De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la tabla N° I.1 del anexo I.

c) CORRIENTE

En la Fig. I.3 del anexo I se muestra la variación de corriente promedio durante el período de medición, el comportamiento es variable, en donde el máximo valor de corriente registrado por el analizador es de 724.74 Amperios en la fase R, ocurrida el 09 de julio a las 04:20 horas. Además en la Fig. I.3 se observa una considerable disminución en el nivel de corriente la cual llega a un valor mínimo de 92.11 Amperios. De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la tabla N° I.2 del anexo I.

d) DIRECCIONALIDA DE ARMONICOS

Los tres métodos usados, superposición, correlación y Emanuel establecen que la carga es la que origina la inyección de armónicos.

4.3.10. MEDICIÓN TRANSFORMADOR N° 2 – 700 KVA 10/0.46 (14/07-21/07)

Se obtuvieron los siguientes resultados:

a) POTENCIA

De los registros obtenidos en las mediciones con el analizador Unilyzer 902 efectuadas a partir del día 14 al 21 de julio se tiene el siguiente cuadro resumen:

Tabla N° 4.23 Valores promedios obtenidos

VALORES	P(kW)	Q (kVAR)	F.D.P
Máximo	123.7600	25.4800	0.9983
Promedio	74.5633	14.7004	0.8810
Mínimo	0.1400	0.5600	0.2800

En la Fig. J.1 del anexo J se muestra la variación de la carga de la Subestación en Media Tensión correspondiente a la salida del transformador N° 1 de 640 KVA para este periodo de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde se presenta una demanda promedio de **88.08 kW**. Cabe resaltar que la máxima demanda ocurrió el día 19 de julio a las **03:45** horas, alcanzando el valor de **123.76 kW**.

b) TENSION

En la Fig. J.2 del anexo J se muestra la variación del nivel de tensión, durante el período de medición para este transformador. Se observa que el nivel de tensión en la salida del transformador N° 2 de 700 KVA de la planta textil TSR presenta una tensión promedio de **452.32 Voltios**, alcanzando una tensión máxima de **464.92 Voltios** y una mínima de **439.43 Voltios**. De los registros obtenidos en las mediciones se tiene en la tabla N° J.1 del anexo J.

c) CORRIENTE

En la Fig. J.3 del anexo J se muestra la variación de corriente promedio, durante el período de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde el máximo valor de corriente registrado por el analizador es de 180.08 Amperios en la fase T, ocurrida el 18 de julio a las 03:00 horas. Además del gráfico se observa una considerable disminución en el nivel de corriente la cual llega a un valor mínimo de 0.94 Amperios.

De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la tabla N° J.2 del anexo J.

d) ARMONICOS

Reporte Fig. J.4 del anexo J de acuerdo a la NTCSE para armónicos de tensión de orden 2 al 20 avo.

Reporte Fig. J.5 del anexo J de acuerdo a la NTCSE para armónicos de tensión de orden 21 al 40 avo.

Los tres métodos de direccionalidad establecen que la carga inyecta armónicos.

SUMINISTRO BT 564282

4.3.11. MEDICIÓN EN BT (8/07-14/07)

Se obtuvieron los siguientes resultados:

a) POTENCIA

De los registros obtenidos en las mediciones con el analizador Unilyzer 902 efectuadas a partir del día 08 al 14 de julio se tiene el siguiente cuadro resumen:

Tabla N° 4.24 Valores promedios obtenidos

VALORES	P(kW)	Q (kVAR)	F.D.P
Máximo	168.0933	56.7466	1.0000
Promedio	127.1222	37.1247	0.9561
Mínimo	26.1800	-22.3533	0.8367

En la Fig. K.1 del anexo K se muestra la variación de la carga del Suministro en BT para este periodo de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde se presenta una demanda promedio de **11.70 kW**. Cabe resaltar que la máxima demanda ocurrió el día 09 de julio a las **14:45** horas, alcanzando el valor de **139.74 kW**.

b) TENSION

En la Fig. K.2 del anexo K se muestra la variación del nivel de tensión, durante el período de medición para este transformador. Se En la Grafica anterior se observa que el nivel de tensión en el suministro en BT, presenta una tensión promedio de **216.19 Voltios**, alcanzando una tensión máxima de **227.63 Voltios** y una mínima de **208.40 Voltios**.

De los registros obtenidos en las mediciones se tiene en la tabla N° K.1 del anexo K.

c) CORRIENTE

En la Fig. K.3 del anexo K se muestra la variación de corriente promedio, durante el período de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde el máximo valor de corriente registrado por el analizador es de 510.72 Amperios en la fase T, ocurrida el 09 de julio a las 14:40 horas. Además del gráfico se observa una considerable disminución en el nivel de corriente la cual llega a un valor mínimo de 80.23 Amperios.

De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la tabla N° K.2 en el anexo K

SUMINISTRO BT 836802

4.3.12. MEDICIÓN EN BT (22/07-23/07)

Se obtuvieron los siguientes resultados:

a) POTENCIA

De los registros obtenidos en las mediciones con el analizador Unilyzer 902 se tiene el siguiente cuadro resumen:

Tabla N° 4.25 Valores promedios obtenidos

VALORES	P(kW)	Q (kVAR)	F.D.P
Máximo	70.7000	17.3600	0.9950
Promedio	22.5442	10.5627	0.6819
Mínimo	1.9600	4.2000	0.2067

En la Fig. L.1 del anexo L se muestra la variación de la carga del Suministro en BT para este periodo de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde se presenta una demanda promedio de **11.70 kW**. Cabe resaltar que la máxima demanda ocurrió el día 22 de julio a las **21:35** horas, alcanzando el valor de **70.70 kW**.

b) TENSION

En la Fig. L.2 del anexo L se muestra la variación del nivel de tensión, durante el período de medición para este transformador. Se observa que el nivel de tensión en el suministro en BT, presenta una tensión promedio de **219.14 Voltios**, alcanzando una tensión máxima de **234.30 Voltios** y una mínima de **204.78 Voltios**.

De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la tabla N° L.1 del anexo L.

c) CORRIENTE

En la Fig. L.3 de anexo L se muestra la variación de corriente promedio, durante el período de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde el máximo valor de corriente registrado por el analizador es de 201.10 Amperios en la fase R, ocurrida el 23 de julio a las 05:20 horas. Además del gráfico se observa una considerable disminución en el nivel de corriente la cual llega a un valor mínimo de 11.50 Amperios.

De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la tabla N° L.2 del anexo L.

SUMINISTRO BT 494719

4.3.13. MEDICIÓN EN BT (15/07-22/07)

Se obtuvieron los siguientes resultados:

a) POTENCIA

De los registros obtenidos en las mediciones con el analizador Unilyzer 902 efectuadas a partir del día 15 al 22 de julio se tiene el siguiente cuadro resumen:

Tabla N° 4.26 Valores promedios obtenidos

VALORES	P(kW)	Q (kVAR)	F.D.P
Máximo	191.5899	19.3200	1.0000
Promedio	146.5182	-18.0495	0.9853
Mínimo	102.0600	-56.1400	0.8700

En la Fig. M.1 del anexo M se muestra la variación de la carga del Suministro en BT para este periodo de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde se presenta una demanda promedio de **145.31 kW**. Cabe resaltar que la máxima demanda ocurrió el día 15 de julio a las **10:15** horas, alcanzando el valor de **191.59 kW**.

b) TENSION

En la Fig. M.2 del anexo M se muestra la variación del nivel de tensión, durante el período de medición para este transformador. Se observa que el nivel de tensión en el suministro en BT, presenta una tensión promedio de **224.30 Voltios**, alcanzando una tensión máxima de **230.71 Voltios** y una mínima de **212.50 Voltios**.

De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la tabla N° M.1 del anexo M.

c) CORRIENTE

En la Fig. M.3 del anexo M se muestra la variación de corriente promedio, durante el período de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde el máximo valor de corriente registrado por el analizador es de 538.82 Amperios en la fase R, ocurrida el 15 de julio a las 10:20 horas. Además del grafico se observa una considerable disminución en el nivel de corriente la cual llega a un valor mínimo de 231.84 Amperios.

De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la tabla N° M.2 del anexo M.

SUMINISTRO BT 1343674

4.3.14. MEDICIÓN EN BT (15/07-22/07)

Se obtuvieron los siguientes resultados:

a) POTENCIA

De los registros obtenidos en las mediciones con el analizador Unilyzer 902 efectuadas a partir del día 15 al 22 de julio se tiene el siguiente cuadro resumen:

Tabla N° 4.27 Valores promedios obtenidos

VALORES	P(kW)	Q (kVAR)	F.D.P
Máximo	21.8400	25.2000	0.8950
Promedio	10.8327	11.6331	0.7131
Mínimo	3.2200	2.8000	0.4925

En la Fig. N.1 del anexo N se muestra la variación de la carga del Suministro en BT para este periodo de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde se presenta una demanda promedio de **11.70 kW**. Cabe resaltar que la máxima demanda ocurrió el día 16 de julio a las **18:30** horas, alcanzando el valor de **21.84 kW**.

b) TENSION

En la Fig. N.2 del anexo N se muestra la variación del nivel de tensión, durante el período de medición para este transformador. Se observa que el nivel de tensión en el suministro en BT, presenta una tensión promedio de **224.06 Voltios**, alcanzando una tensión máxima de **230.10 Voltios** y una mínima de **212.21 Voltios**.

De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la tabla N° N.1 del anexo N.

c) CORRIENTE

En la Fig. N.3 del anexo N se muestra la variación de corriente promedio, durante el período de medición. Se observa un comportamiento variable durante el período de medición, en donde el máximo valor de corriente registrado por el analizador es de 89.38 Amperios en la fase T, ocurrida el 16 de julio a las 17:40 horas. Además del grafico se observa una considerable disminución en el nivel de corriente la cual llega a un valor mínimo de 13.39 Amperios. De los registros obtenidos en las mediciones se tiene la tabla N° N.2 del anexo N.

4.4. POTENCIA TOTAL ASSA Y TSR

De los registros obtenidos en las mediciones realizadas en las instalaciones de la planta textil AS S.A. Y TSR para los transformadores de las subestaciones de la Planta 1, Planta 2 y Planta TSR con los analizadores de redes, se obtuvo el consumo total de cada planta.

Los valores de potencia en hora punta y hora fuera de punta registrados durante el periodo de medición para ASSA1 figura en la tabla N° O.1 del anexo O. Los valores de

potencia en hora punta y hora fuera de punta registrados durante el periodo de medición para ASSA2 figura en la tabla N° O.2 del anexo O.

Los valores de potencia en hora punta y hora fuera de punta registrados durante el periodo de medición para TSR figura en la tabla N° O.3 del anexo O.

4.5. CONSUMOS HISTORICOS DE ENERGIA

El análisis histórico de energía se centrará fundamentalmente en la determinación de las demandas de potencia activa y reactiva, así como los consumos de energía activa y reactiva en los periodos de punta (18:00 y 23:00 horas) y fuera de punta.

La evolución de los consumos de energía eléctrica total, suministrada a través de la empresa concesionaria luz del Sur, se muestra en la tabla N° P.1 del anexo P.

Donde:

EAHFP	: Energía Activa en horas fuera de punta
EAHP	: Energía Activa en horas punta
ER	: Energía Reactiva
EA TOTAL	: Energía Activa Total
DEM HP	: Demanda en horas punta
DEM HFP	: Demanda en horas fuera de punta
PD	: Potencia de Distribución
PG	: Potencia de Generación

En la tabla N°P.2 del anexo P se aprecia que el consumo global de TSR en el horario de punta representa en promedio el 24.01% del consumo de energía en horas fuera de punta. Bajo estas nuevas condiciones el factor de potencia global tiene un valor de 0.977 pero hay que tener presente que en los suministros de baja tensión existen pequeños bancos de condensadores fijos en 220V que deben de ser modificados a 440V pues individualmente están pagando por energía reactiva como es el caso de los siguientes suministros:

4.6. ASSA1 (SUMINISTROS UNIFICADOS)

En la tabla N° P.4 del anexo P se muestra los valores acumulados de todos los suministros en BT para la planta de ASSA1, se aprecia que al trasladar todos los suministros de baja tensión al de media tensión el factor de potencia global se eleva permitiendo unos ahorros potenciales por corrección del factor de potencia.

En la tabla N° P.5 del anexo P tenemos los costos individuales de energía reactiva por suministro.

Para el caso de ASSA2, no presenta pagos por Energía Reactiva.

4.7. AHORRO POR OPTIMIZACION DE DISTRIBUCION DE CARGAS

De acuerdo a las mediciones realizadas en todos los suministros se realizó los diagramas de carga característicos para el periodo de medición y se obtuvo que su calificación tarifaria siguiente:

Tabla N° 4.28 Tabla de Factor de Potencia y calificación tarifaria de cada suministro

ASSA1	ASSA1	ASSA1	ASSA1	ASSA2	TSR	TSR	TSR	TSR
494719	390011	1343674	1411220	414144	836802	598983	564282	527837
0.583	0.809	0.682	0.708	0.829	0.240	0.592	0.627	0.705
PHP	PHP	PHP	PHP	PHP	FP	PHP	PHP	PHP

Donde PHP: Presente en Hora Punta

FP: Fuera de Punta

El cliente está presente en punta en casi todos sus suministros, si el valor estuviera por el orden de 0.53 habría la posibilidad de modelar las cargas de tal manera de conseguir una calificación tarifaria menor a 0.5

4.8. AHORRO POR COMPENSACION REACTIVA

Actualmente se paga penalidades por el consumo excesivo de energía reactiva en los suministros

a) HISTORICOS TSR

En la Tabla N° P.6 del anexo P se ve que el promedio mensual de los tres suministros en BT es de 1,127 nuevos soles debido a que los bancos de condensadores que actualmente están en dichos suministros quedaron subdimensionados al incrementarse cargas.

b) HISTORICOS ASSA1

El promedio mensual de los dos suministros en BT es de 344.017 nuevos soles

CAPITULO V

OBSERVACIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. OBSERVACIONES

5.1.1. PASO A AMEDIA TENSION Y SELECCIÓN DE TARIFA

Actualmente TSR y AS cuentan con cinco (05) suministros en Baja tensión y tres (03) en Media tensión. La potencia consumida por los suministros en Baja tensión es importante 218.4kW para ASSAI y 299.4kW para TSR.

5.1.2. SUMNISTRO 390011 (MT3)

Se observo lo siguiente:

- Los problemas encontrados son la alta presencia de armónicos tanto de corriente como de tensión, registrándose valores muy cercanos a los límites (IEEE-519 y NTCSE respectivamente), con un THD de tensión del 6.2%.
- Al realizar el análisis de direccionalidad se encontró lo siguiente:
- En los Transformadores N°1,2 y 3 la armónica 3 es originada por la red y las armónicas 5, 11 y 15 son originadas por las cargas.

Donde el origen ya sea la carga, red o ambos, significa el origen de las perturbaciones. La fuerte presencia de armónicos se traduce en pérdidas de potencia y energía consumida por éstas, además de producir calentamientos en motores, transformadores, conductores, etc. Se presenta a continuación un cuadro resumen de las pérdidas estimadas solo por Efecto Joule (I^2R pérdidas):

Tabla N° 5.1 Tabla de perdidas por presencia de armónicos.

Pérdidas de Potencia (KW)	Pérdidas de Energía (KWh)	Pérdidas por Potencia (S/.)	Pérdidas por Energía (S/.)	Pérdidas Totales (S./)mes	Pérdidas Totales (S./)año
0,51	313,01	16,41	41,91	58,33	699,90

5.1.3. SUMINISTRO 414144 (MT3):

Transformadores 1, 2, 3, 4 y 5:

- Se observó alta presencia de armónicos tanto de corriente como de tensión, registrándose valores muy cercanos e incluso superiores a los límites (IEEE-519 y NTCSE respectivamente).
- Se registraron además transitorios de tensión en casi todos los Transformadores (excepto el Transformador 2); producidos principalmente por cargas monofásicas y trifásicas (arranque o parada), estos transitorios de tensión son perjudiciales para equipos electrónicos sensibles como computadoras, servidores, entre otros equipos.
- Para los armónicos de orden 3,5,7,11,15,21 y 23 (para los demás armónicos (>25 se determinó que son producidos por la red), se realizó un Análisis de Direccionalidad llegando a la siguiente conclusión:

En el transformador N°1 la carga es el origen de la 5 armónica

En el transformador N°2 la carga es el origen de la 5, 7, 11,13 y 15 armónica

En el transformador N°3 la carga es el origen de la 5 armónica

En el transformador N°4 la carga es el origen de la 5 y 11 armónica

En el transformador N°5 la carga es el origen de la 5 y 11 armónica

Donde el origen ya sea la carga, red o ambos, significa el origen de las perturbaciones.

La fuerte presencia de armónicos se traduce en pérdidas de potencia y energía consumida por éstas, además de producir calentamientos en motores, transformadores, conductores, etc. Se presenta a continuación un cuadro resumen de las pérdidas estimadas solo por Efecto Joule (I^2R pérdidas):

Tabla N° 5.2 Tabla de perdidas por presencia de armónicos.

Pérdidas de Potencia (KW)	Pérdidas de Energía (KWh)	Pérdidas por Potencia (S/.)	Pérdidas por Energía (S/.)	Pérdidas Totales (S./)mes	Pérdidas Totales (S./)año
2,45	1500,72	76,75	200,95	277,70	3332,34

5.1.4. SUMINISTRO 1343674 (BT3):

Se observo lo siguiente:

- Se observó una moderada presencia de armónicos tanto de corriente como de tensión, registrándose valores cercanos e incluso superiores a los límites (IEEE-519 y NTCSE respectivamente).

- Para los armónicos de orden 5 y 7 (para los demás armónicos >15, se determinó que son producidos por la red), se realizó un Análisis de Direccionalidad llegando a la conclusión que es la carga el origen de los armónicos 5 y 7.

Donde el origen ya sea la carga, red o ambos, significa el origen de las perturbaciones.

La fuerte presencia de armónicos se traduce en pérdidas de potencia y energía consumida por éstas, además de producir calentamientos en motores, transformadores, conductores, etc. Para éste punto las pérdidas por efecto Joule son despreciables.

Los armónicos presentes se deben a cargas no lineales como variadores de 6 pulsos ($6k+1$), rectificadores, inversores, UPS u otros.

5.1.5. SUMINISTRO 494719 (BT3):

Se observo lo siguiente:

- Presencia de armónicos tanto de corriente como de tensión, registrándose valores cercanos e incluso superiores a los límites (IEEE-519 y NTCSE respectivamente).
- Para los armónicos de orden 5,7 y 11 (para los demás armónicos (>15 se determinó que son producidos por la red), se realizó un Análisis de Direccionalidad llegando a la siguiente conclusión:

El origen de los armónicos 5, 7 y 11 son por causa de la carga.

Donde el origen ya sea la carga, red o ambos, significa el origen de las perturbaciones.

La fuerte presencia de armónicos se traduce en pérdidas de potencia y energía consumida por éstas, además de producir calentamientos en motores, transformadores, conductores, etc. Se presenta a continuación un cuadro resumen de las pérdidas estimadas solo por Efecto Joule ($I^2 \cdot \text{Pérdidas}$).

Tabla N° 5.3 Tabla de perdidas por presencia de armónicos.

Pérdidas de Potencia (KW)	Pérdidas de Energía (KWh)	Pérdidas por Potencia (S/.)	Pérdidas por Energía (S/.)	Pérdidas Totales (S./)mes	Pérdidas Totales (S./)año
0,47	234,42	24,93	44,13	69,06	828,68

5.1.6. SUMINISTRO 527837 (MT3)

Se observo lo siguiente:

Transformadores 1 y 2:

- Los problemas encontrados son la alta presencia de armónicos tanto de corriente como de tensión, registrándose valores muy cercanos e incluso superiores a los límites (IEEE- 519 y NTCSE respectivamente).

- Se determinó que el Flicker es producido por la carga (Método Gráfico I,V,Pst).
- Para los armónicos de orden 3,5,7,11,15,21,27,33 y 39; se realizó un Análisis de Direccionalidad llegando a la siguiente conclusión:

Para el Transformador N°1 el origen de las armónicas 5 y 11 es la carga.

Para el Transformador N°2 el origen de las armónicas 3 no se precisa si es la carga o la red, 5, 7 y 11 es la carga mientras que la 15, 21, 27, 33 39 es la red.

Donde el origen ya sea la carga, red o ambos, significa el origen de las perturbaciones. La fuerte presencia de armónicos se traduce en pérdidas de potencia y energía consumida por éstas, además de producir calentamientos en motores, transformadores, conductores, etc.

Se presenta a continuación un cuadro resumen de las pérdidas estimadas solo por Efecto Joule (I^2R pérdidas):

Tabla N° 5.4 Tabla de perdidas por presencia de armónicos.

Pérdidas de Potencia (KW)	Pérdidas de Energía (KWh)	Pérdidas por Potencia (S/.)	Pérdidas por Energía (S/.)	Pérdidas Totales (S/.)mes	Pérdidas Totales (S/.)año
0.089	57,492	2,847	7,698	10,545	126,543

5.1.7. SUMINISTRO 836802 (BT4)

Se observo lo siguiente:

- Los problemas encontrados son la alta presencia de armónicos tanto de corriente como de tensión, registrándose valores muy cercanos e incluso superiores a los límites (IEEE- 519 y NTCSE respectivamente).
- Se determinó que el Flicker es producido por la carga (Método Gráfico I, V, Pst).
- Para los armónicos de orden 5,7,11,13,23,25 y 29; se realizó un Análisis de Direccionalidad llegando a la siguiente conclusión:

El origen de las armónicas 5, 7, 11, 13, 23, 25, 29 es la carga.

Donde el origen ya sea la carga, red o ambos, significa el origen de las perturbaciones. La fuerte presencia de armónicos se traduce en pérdidas de potencia y energía consumida por éstas, además de producir calentamientos en motores, transformadores, conductores, etc.

Se presenta a continuación un cuadro resumen de las pérdidas estimadas solo por Efecto Joule ($I^2 \cdot R$ pérdidas):

Tabla N° 5.5 Tabla de perdidas por presencia de armónicos.

Pérdidas de Potencia (KW)	Pérdidas de Energía (KWh)	Pérdidas por Potencia (S/.)	Pérdidas por Energía (S/.)	Pérdidas Totales (S./)mes	Pérdidas Totales (S./)año
0.02	11,36	1,21	133,03	134,24	1610,84

5.1.8. SUMINISTRO 564282 (BT4)

Se observo lo siguiente:

- Los problemas encontrados son la moderada presencia de armónicos tanto de corriente como de tensión, registrándose valores muy cercanos e incluso superiores a los límites (IEEE-519 y NTCSE respectivamente).
- Se determinó la direccionalidad del Flicker, el cual es producido por la carga (Método Gráfico I, V, Pst).
- Para los armónicos de orden 5,7 y 11; se realizó un Análisis de llegando a la siguiente conclusión:

Que el origen de las armónicas 5, 7 y 11 es la carga.

Donde el origen ya sea la carga, red o ambos, significa el origen de las perturbaciones. La fuerte presencia de armónicos se traduce en pérdidas de potencia y energía consumida por éstas, además de producir calentamientos en motores, transformadores, conductores, etc.

Se presenta a continuación un cuadro resumen de las pérdidas estimadas solo por Efecto Joule ($I^2 \cdot R_{perdidas}$) en los conductores:

Tabla N° 5.6 Tabla de perdidas por presencia de armónicos.

Pérdidas de Potencia (KW)	Pérdidas de Energía (KWh)	Pérdidas por Potencia (S/.)	Pérdidas por Energía (S/.)	Pérdidas Totales (S./)mes	Pérdidas Totales (S./)año
0,05	37,51	3,56	4,96	8,52	102,27

5.1.9. SUMINISTRO 598983 (BT4)

Se observo lo siguiente:

Los problemas encontrados son la moderada presencia de armónicos tanto de corriente como de tensión, registrándose valores muy cercanos e incluso superiores a los límites (IEEE-519 y NTCSE respectivamente).

Se determinó la direccionalidad del Flicker, el cual es producido por la carga (Método Gráfico I, V, Pst).

Para el armónico de orden 5; se realizó un Análisis de Direccionalidad llegando a la siguiente conclusión:

Que el origen de la 5 armónica es la carga.

Donde el origen ya sea la carga, red o ambos, significa el origen de las perturbaciones. La fuerte presencia de armónicos se traduce en pérdidas de potencia y energía consumida por éstas, además de producir calentamientos en motores, transformadores, conductores, etc.

Tabla N° 5.7 Tabla de perdidas por presencia de armónicos.

Pérdidas de Potencia (KW)	Pérdidas de Energía (KWh)	Pérdidas por Potencia (S/.)	Pérdidas por Energía (S/.)	Pérdidas Totales (S./)mes	Pérdidas Totales (S./)año
0,01	10,10	0,96	1,29	2,25	26,99

Se registraron además transitorios de tensión; producidos principalmente por cargas monofásicas y trifásicas (arranque o parada), estos transitorios de tensión son perjudiciales para equipos electrónicos sensibles como computadoras, servidores, entre otros equipos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Restructuración de todas las cargas que son alimentadas desde los cinco suministros de baja tensión hacia los 3 en media tensión.
2. Una forma de reducir costos en la implementación del paso a media tensión es la redistribución de los transformadores, Transformadores sobredimensionados en ASSA2 pueden usarse en TSR y ASSA1.
3. Entre los cambios propuestos de unificación de suministros y paso a media tensión, compensación de energía reactiva, sustitución de fluorescentes de 40w, reactores electromagnéticos, monitoreo y control de máxima demanda tenemos un ahorro mensual de S/. 32 562,03 nuevos soles. La implementación de dichos cambios tienen un costo aproximado de S/.120 888,8 Nuevos soles generando un retorno de la inversión después del cuarto mes.
4. Las pérdidas cuantificables por presencia de armónicos en TSR y ASSA llegan a S/. 560,65 Nuevos Soles mensuales, al ser montos relativamente bajos no hacen posible la recomendación de filtros con costos excesivamente altos.
5. El desbalance de corrientes a tierra demuestran que los pozos a tierra no están trabajando adecuadamente y el hecho que muchos se encuentre a distancias muy largas de los tableros principales empeoran dicha situación.

BIBLIOGRAFIA

- [1] IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality (IEEE Std. 1159-1995). Institute of Electrical and Electronics Engineers. ISBN 1- 55937-549-3. Estados Unidos, 1995.
- [2] Normas ISO 9001, 14001 Y OHSAS 18001
- [3] IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plant (IEEE Std.141-1994). ISBN 1-55937-333-4. New York, USA, 1994
- [4] Electrical Power Systems Quality. Roger C. Dugan, Mark F. Mc Granaghan, Surya Santoso, H. Wayne Beaty. Ed. Mc Graw -Hill. Estados Unidos, 1996.
- [5] IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems (IEEE Std. 519-1992). Institute of Electrical and Electronics Engineers. ISBN 1-55937-239-7. Estados Unidos, 1993.
- [6] Normas Técnicas de la Calidad del Servicio Eléctrico
- [7] Código Nacional de Electricidad

ANEXOS

ANEXO A

TABLAS Y GRAFICAS DE LA MEDICION N°1 EN EL SUMINISTRO N°1

El Anexo A corresponde a las tablas y Graficas de los valores registrados durante todo el periodo de medición. La tabla N° A.1 muestra los valores de tensión máximo, mínimo, promedio y el desbalance correspondiente. La tabla N°A.2 muestra los valores máximo, mínimo y promedio de las corrientes registradas. La Fig. A.1 representa el diagrama de carga típica del punto de medición, potencia activa y reactiva. La Fig. A.2 muestra las tensiones durante un día representativo donde se aprecia los máximos y mínimos registrados. La Fig. A.3 representa la grafica de corrientes, esta grafica es muy similar a la de potencia. La Fig. A.4 representa la grafica de barras de los armónicos de tensión del 2 al 20. Las siguientes son las graficas de los métodos de direccionalidad de armónicos.

Tabla N° A.1 Valores de tensión máximo, mínimo, promedio y desbalance de las fases R, S y T

Valores	Fase R-S	Fase S-T	Fase T-R	Desbalance (%)		
				R-S	S-T	T-R
Máximo	458.3277	459.5098	458.1618	-0.07%	0.18%	-0.11%
Promedio	447.4885	448.0850	447.0117	-0.01%	0.12%	-0.12%
Mínimo	435.7846	436.1372	435.1832	0.02%	0.10%	-0.12%

Tabla N° A.2 Valores de corriente máximo, mínimo, promedio de las fases R, S y T

Valores	Fase R	Fase S	Fase T	Promedio (A)
Máximo	999.3774	994.2863	984.1982	992.6206
Promedio	857.2232	848.4224	844.7482	850.1312
Mínimo	688.7219	677.8796	675.9940	680.8652

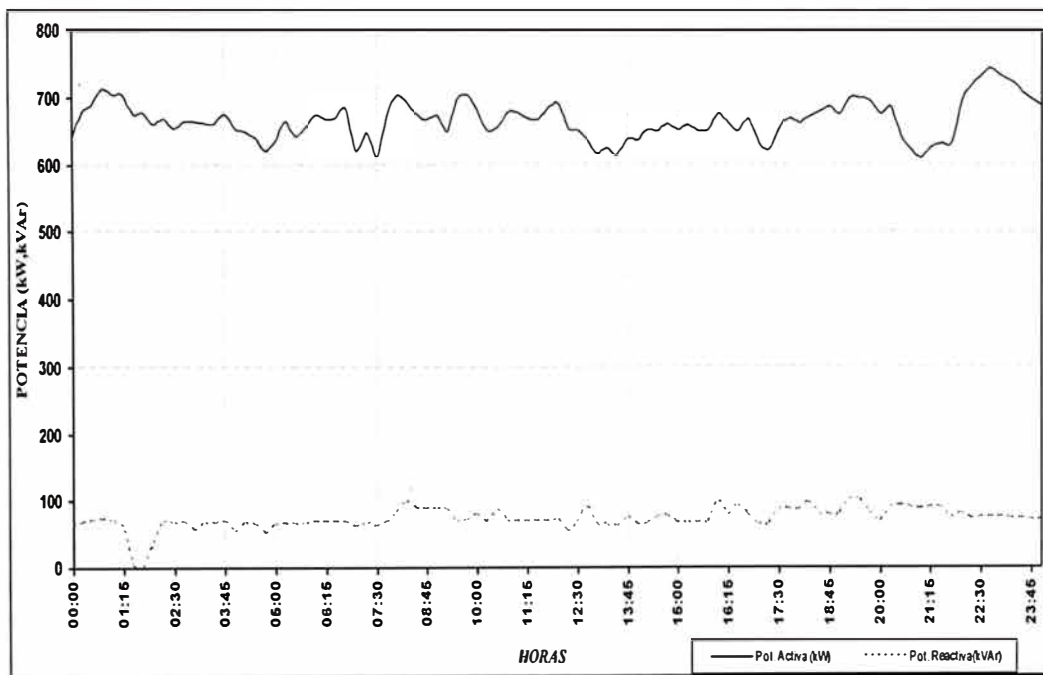
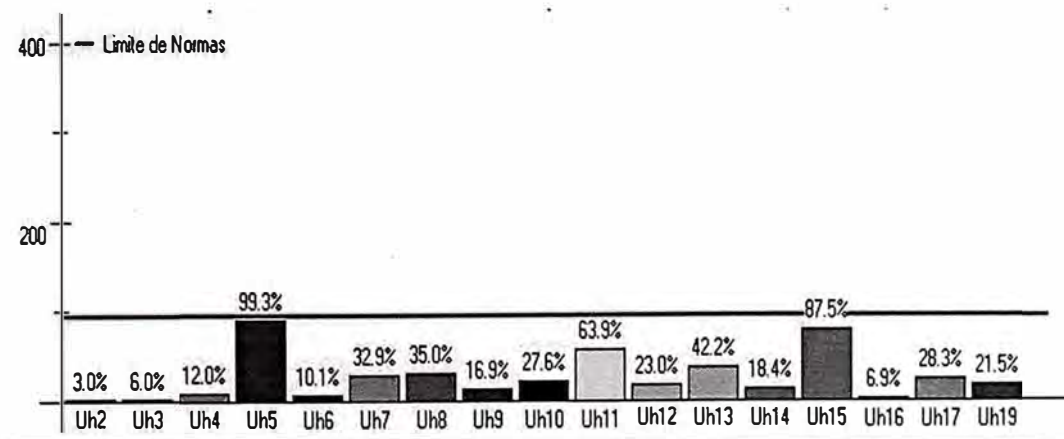
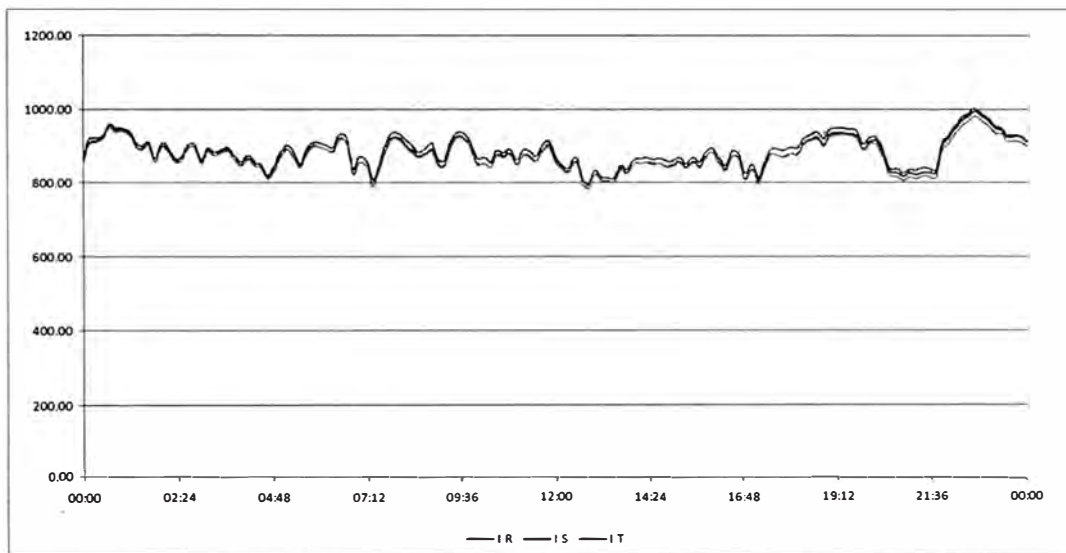
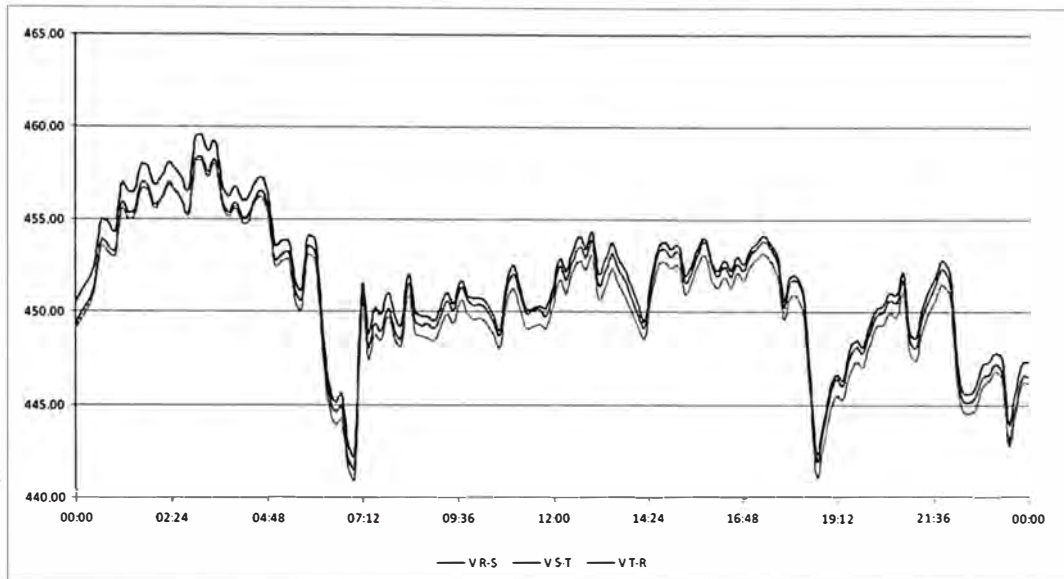


Fig. A.1 Potencia Activa y reactiva Vs Tiempo



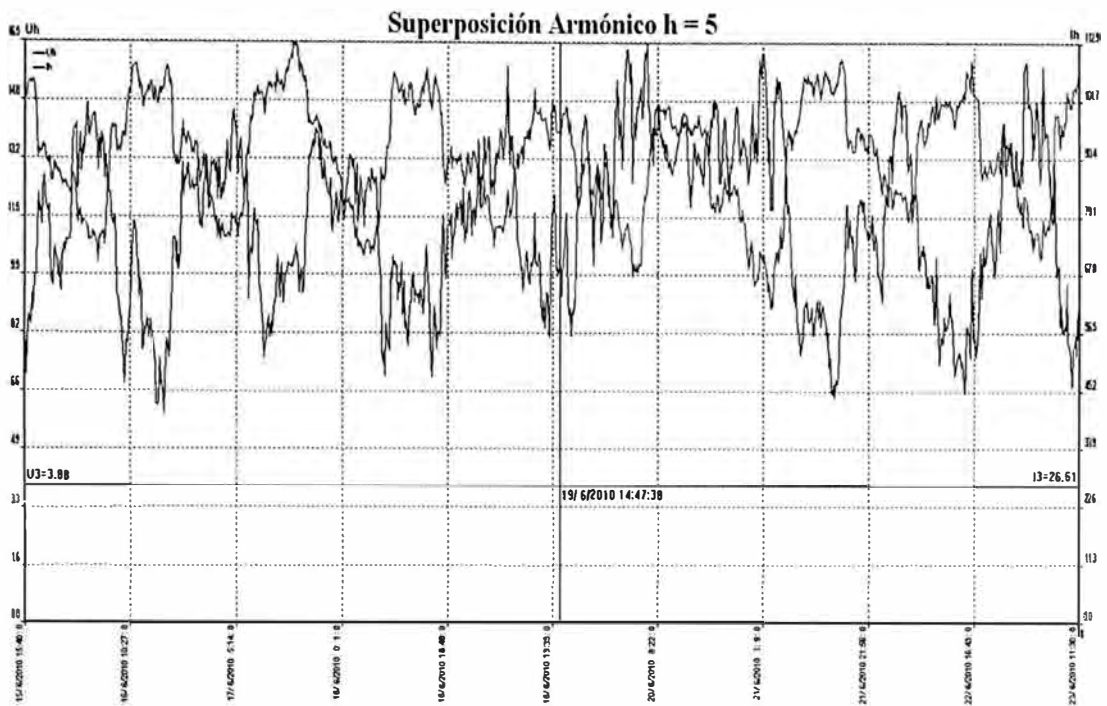


Fig. A.5 Grafica de Método de superposición para la 5ta armónica de tensión

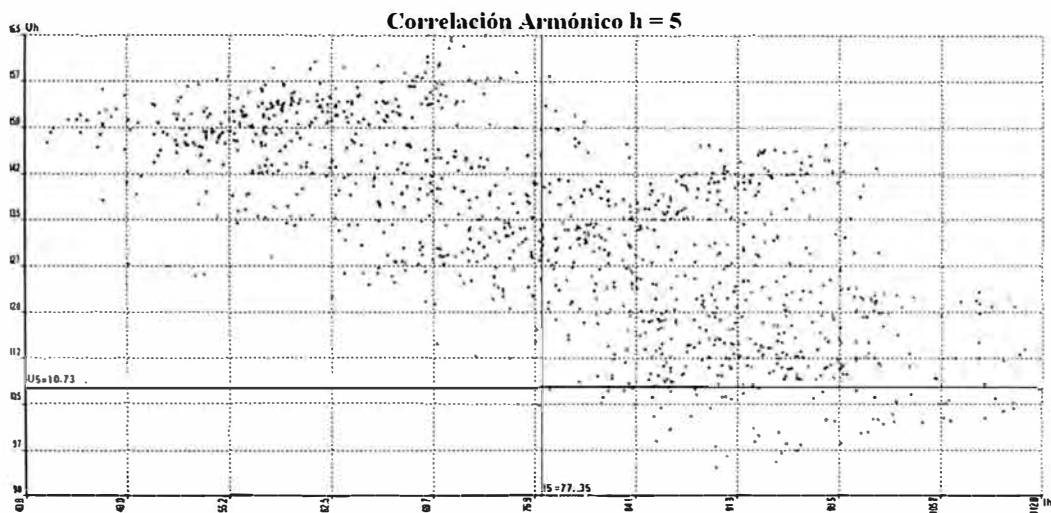


Fig. A.6 Grafica de Método de correlación para la 5ta armónica de tensión

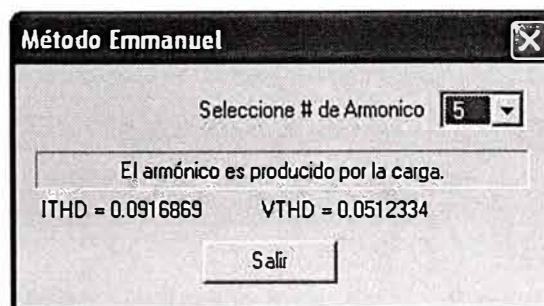


Fig. A.7 Grafica de Método de correlación para la 5ta armónica de tensión

ANEXO B

TABLAS Y GRAFICAS DE LA MEDICION N°2 EN EL SUMINISTRO N°1

El Anexo B corresponde a las tablas y Graficas de los valores registrados durante todo el periodo de medición. La tabla N° B.1 muestra los valores de tensión máximo, mínimo, promedio y el desbalance correspondiente. La tabla N°B.2 muestra los valores máximo, mínimo y promedio de las corrientes registradas. La Fig. B.1 representa el diagrama de carga típica del punto de medición, potencia activa y reactiva. La Fig. B.2 muestra las tensiones durante un día representativo donde se aprecia los máximos y mínimos registrados. La Fig. B.3 representa la grafica de corrientes, esta grafica es muy similar a la de potencia. La Fig. B.4 representa la grafica de barras de los armónicos de tensión del 2 al 20.

Tabla N° B.1 Valores de tensión máximo, mínimo, promedio y desbalance de las fases R, S y T

Valores	Fase R-S	Fase S-T	Fase T-R	Desbalance (%)		
				R-S	S-T	T-R
Máximo	458.3702	458.7948	457.6909	0.02%	0.11%	-0.13%
Promedio	447.2534	447.3236	446.7257	0.03%	0.05%	-0.08%
Mínimo	435.0186	435.9102	434.7639	-0.05%	0.16%	-0.11%

Tabla N° B.2 Valores de corriente máximo, mínimo, promedio de las fases R, S y T

Valores	Fase R	Fase S	Fase T	Promedio (A)
MAXIMO	780.0801	766.5979	766.9750	771.2177
PROMEDIO	703.5284	688.2583	689.5245	693.7704
MINIMO	575.5848	561.5370	565.7796	567.6338

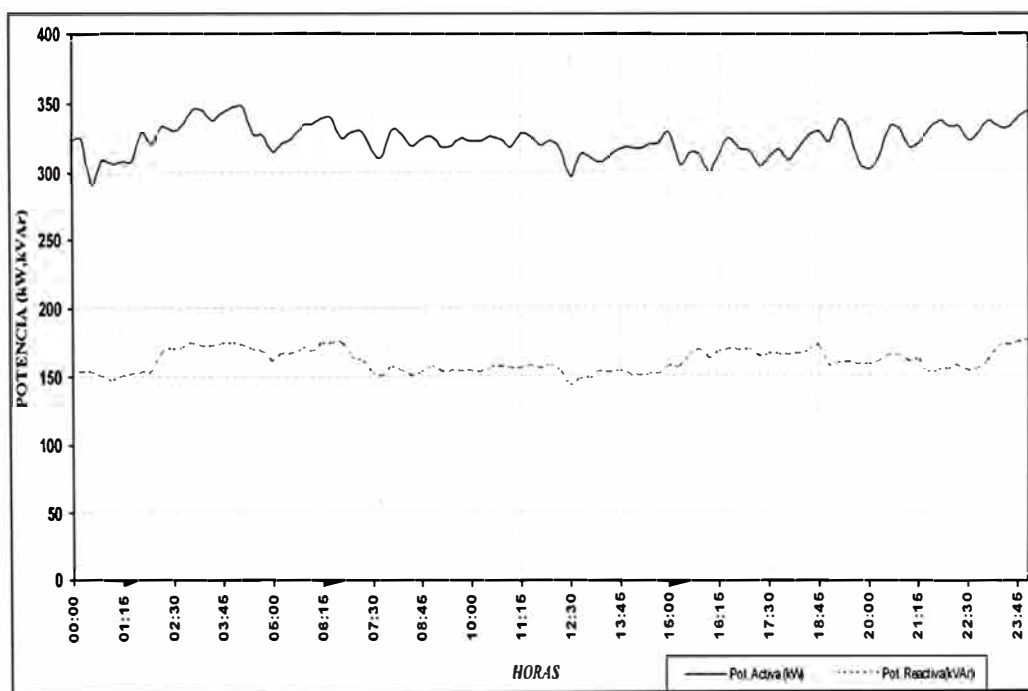


Fig. B.1 Potencia Activa y reactiva Vs Tiempo

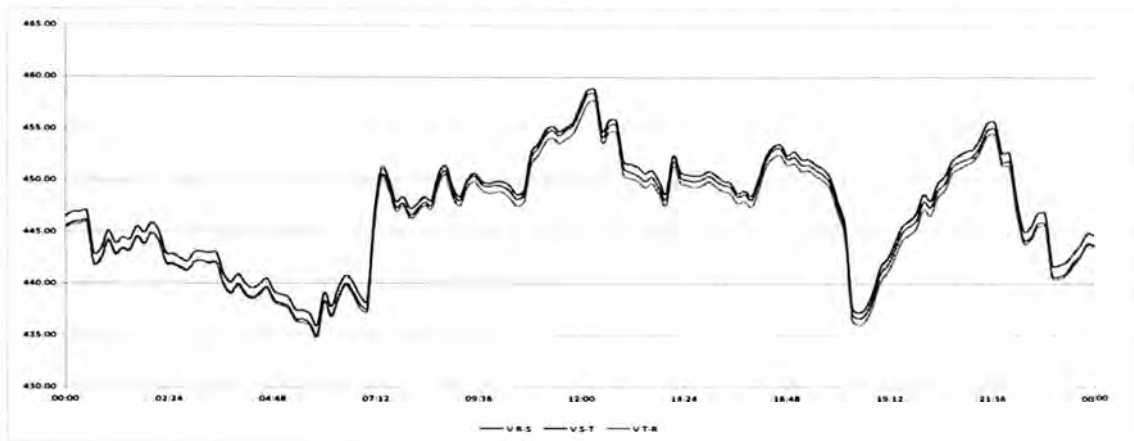


Fig. B.2 Tensión de las fases R, S y T Vs Tiempo

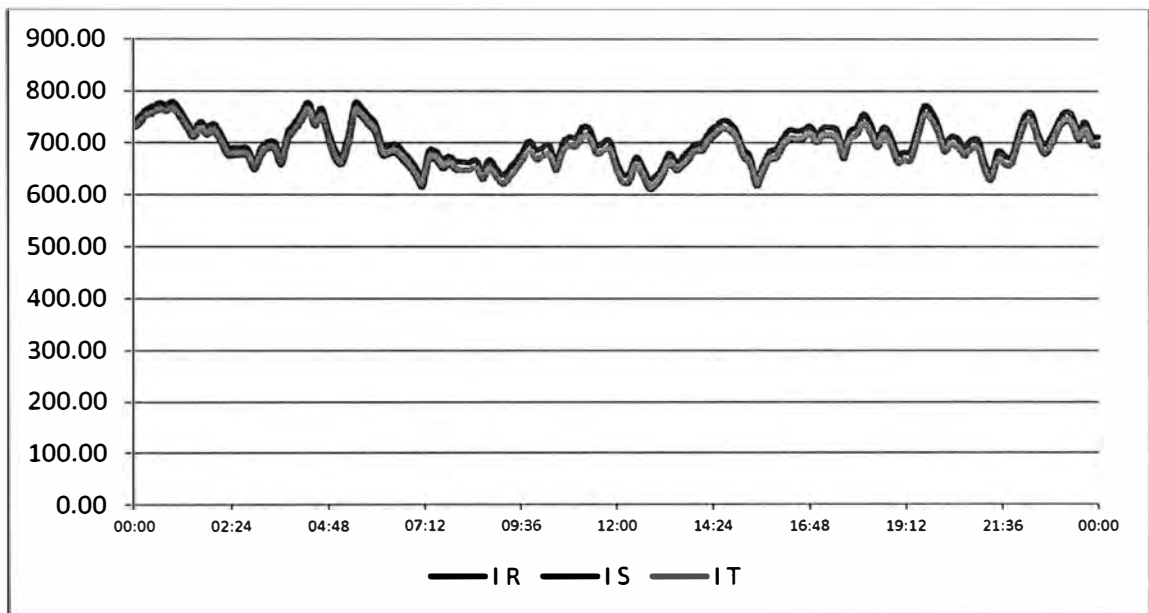


Fig. B.3 Corriente de las fases R, S y T Vs Tiempo

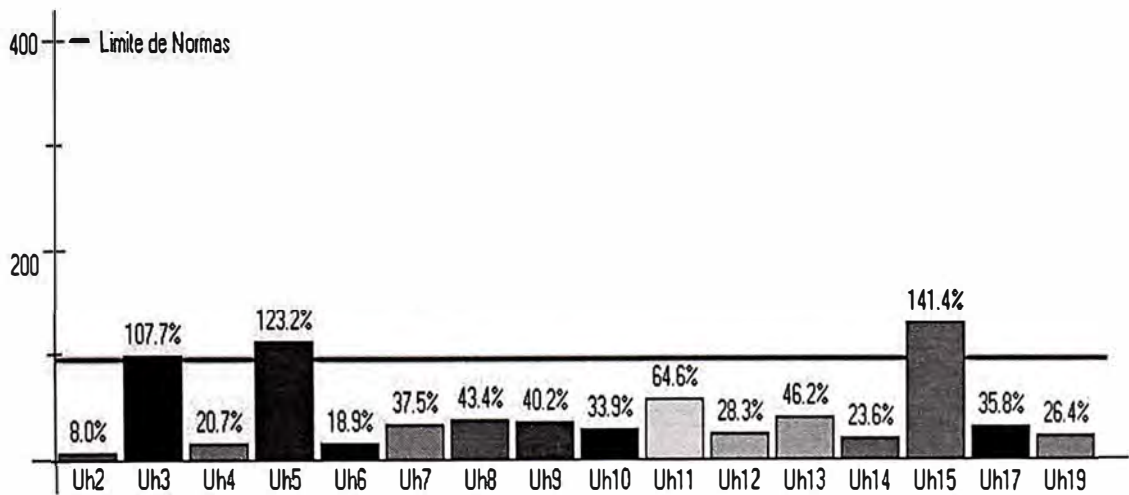


Fig. B.4 Grafica de barras para armónicos de tensión (2 al 20avo)

ANEXO C
TABLAS Y GRAFICAS DE LA MEDICION N°3 EN EL SUMINISTRO N°1

El Anexo C corresponde a las tablas y Graficas de los valores registrados durante todo el periodo de medición. La tabla N° C.1 muestra los valores de tensión máximo, mínimo, promedio y el desbalance correspondiente. La tabla N°C.2 muestra los valores máximo, mínimo y promedio de las corrientes registradas. La Fig. C.1 representa el diagrama de carga típica del punto de medición, potencia activa y reactiva. La Fig. C.2 muestra las tensiones durante un día representativo donde se aprecia los máximos y mínimos registrados. La Fig. C.3 representa la grafica de corrientes, esta grafica es muy similar a la de potencia. La Fig. C.4 representa la grafica de barras de los armónicos de tensión del 2 al 20.

Tabla N° C.1 Valores de tensión máximo, mínimo, promedio y desbalance de las fases R, S y T

Valores	Fase R-S	Fase S-T	Fase T-R	Desbalance (%)		
				R-S	S-T	T-R
Máximo	230.7136	230.6058	230.2465	0.08%	0.04%	-0.12%
Promedio	225.0775	225.2543	224.8642	0.01%	0.08%	-0.09%
Mínimo	219.792206	220.151461	219.792206	-0.05%	0.11%	-0.05%

Tabla N° C.2 Valores de corriente máximo, mínimo, promedio de las fases R, S y T

Valores	Fase R	Fase S	Fase T	Promedio (A)
MAXIMO	248.4301	268.4177	272.4718	263.1065
PROMEDIO	183.1072	199.8288	207.2530	196.7297
MINIMO	91.6410	103.4261	107.6688	100.9120

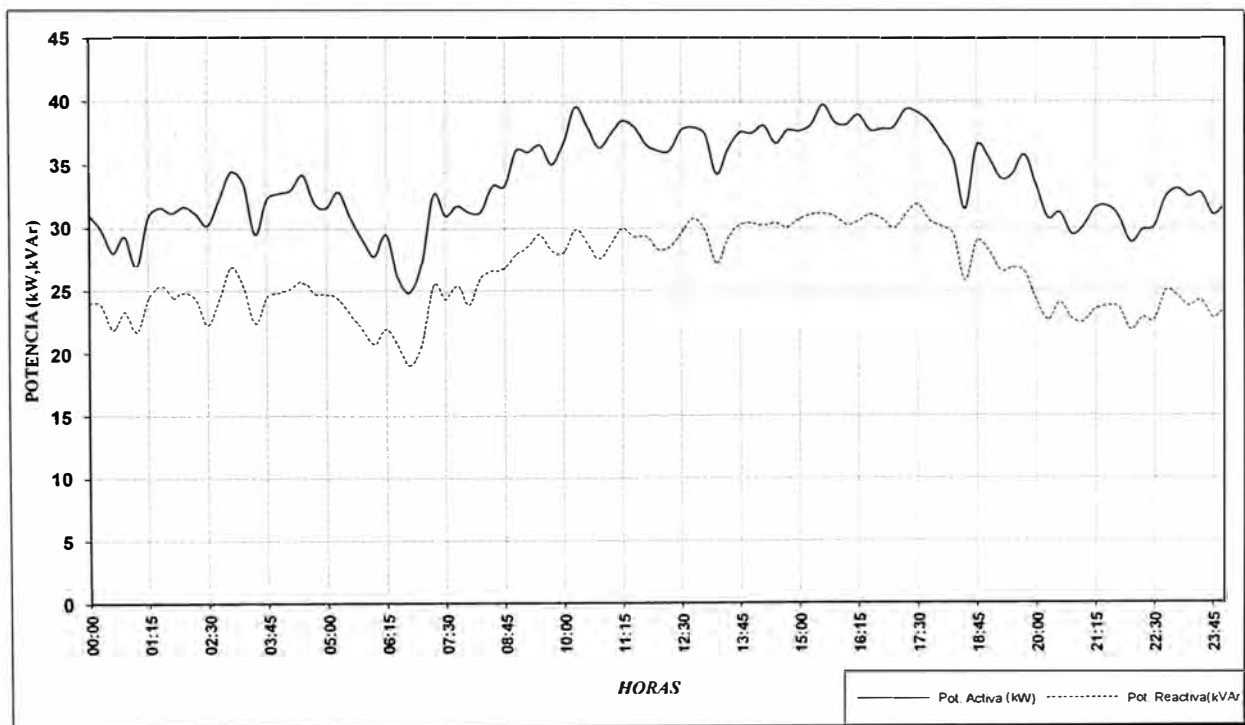


Fig. C.1 Potencia Activa y reactiva Vs Tiempo

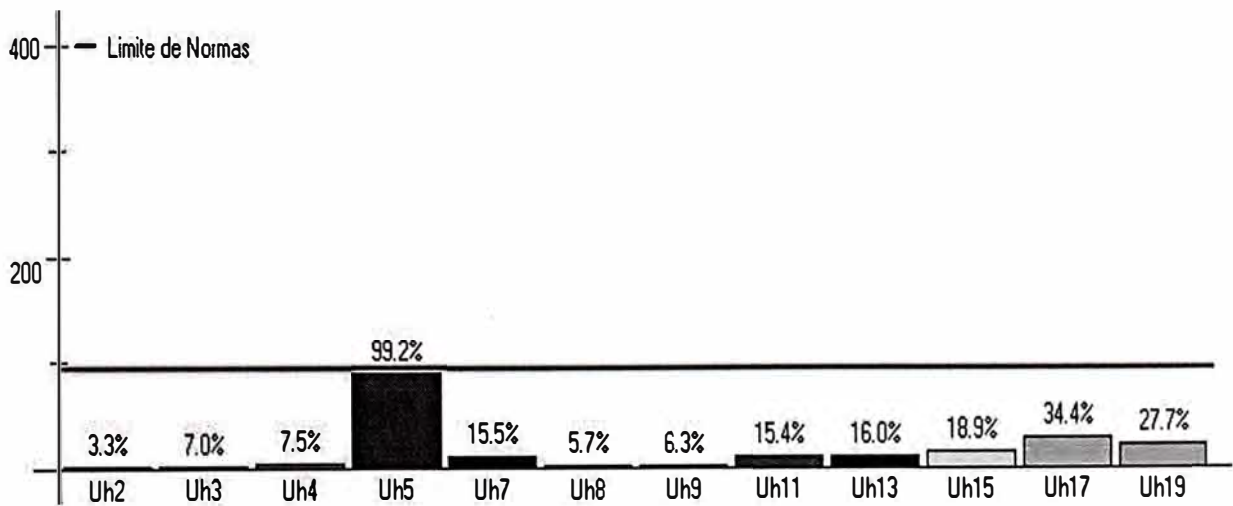
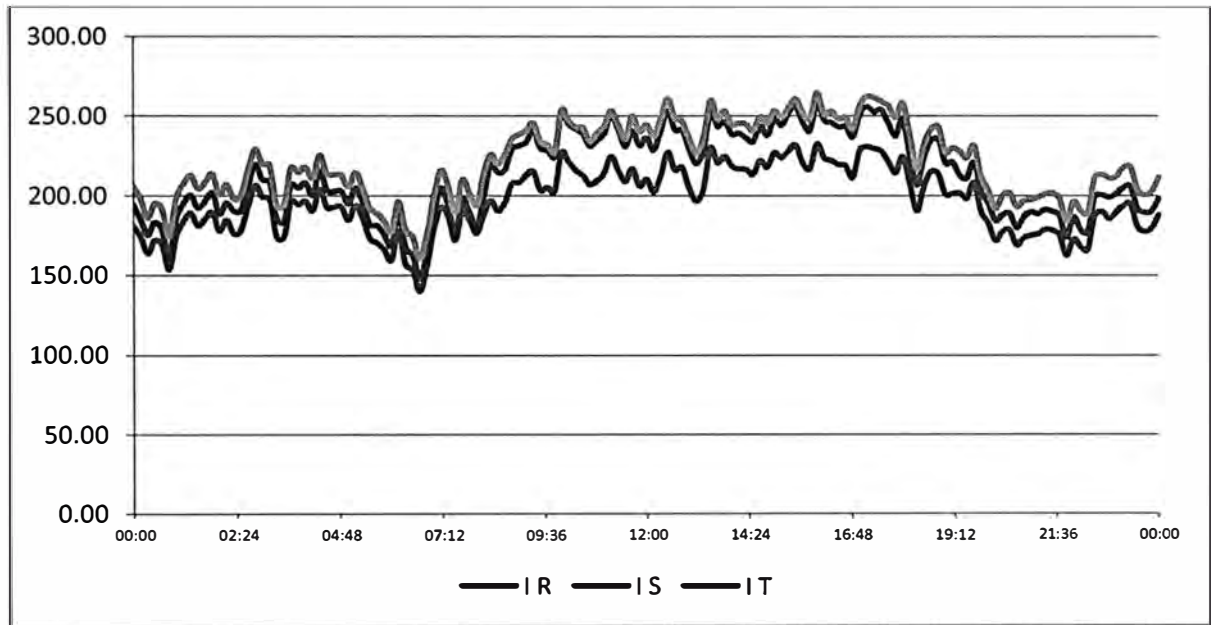
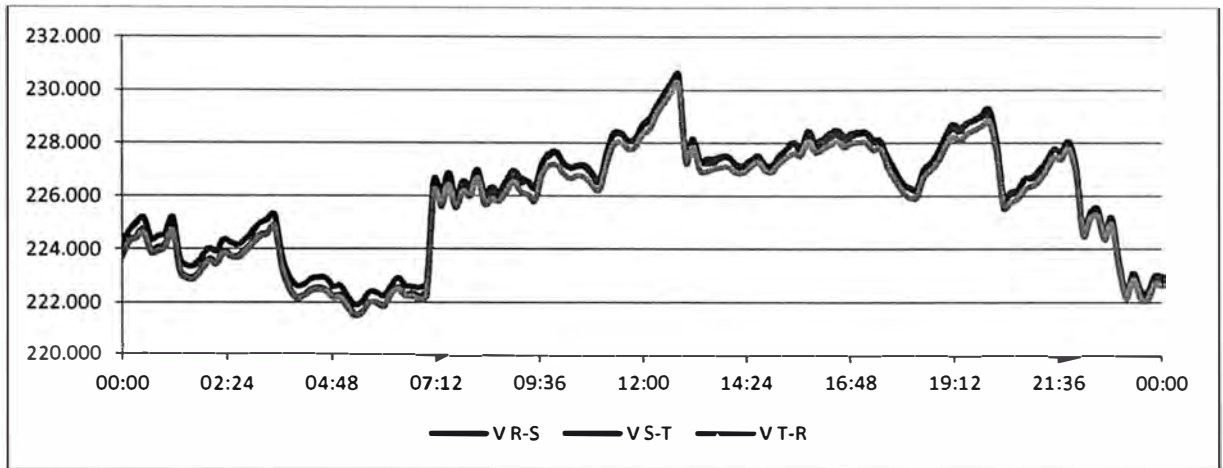


Fig. C.4 Grafica de barras para armónicos de tensión (2 al 20avo)

ANEXO D

TABLAS Y GRAFICAS DELA MEDICION N°1 EN EL SUMINISTRO N°2

El Anexo D corresponde a las tablas y Graficas de los valores registrados durante todo el periodo de medición. La tabla N° D.1 muestra los valores de tensión máximo, mínimo, promedio y el desbalance correspondiente. La tabla N°D.2 muestra los valores máximo, mínimo y promedio de las corrientes registradas. La Fig. D.1 representa el diagrama de carga típica del punto de medición, potencia activa y reactiva. La Fig. D.2 muestra las tensiones durante un día representativo donde se aprecia los máximos y mínimos registrados. La Fig. D.3 representa la grafica de corrientes, esta grafica es muy similar a la de potencia. La Fig. D.4 representa la grafica de barras de los armónicos de tensión del 2 al 20.

Tabla N° D.1 Valores de tensión máximo, mínimo, promedio y desbalance de las fases R, S y T

Valores	Fase R-S	Fase S-T	Fase T-R	Desbalance (%)		
				R-S	S-T	T-R
Máximo	458.3277	459.5098	458.1618	-0.07%	0.18%	-0.11%
Promedio	447.4885	448.0850	447.0117	-0.01%	0.12%	-0.12%
Mínimo	435.7846	436.1372	435.1832	0.02%	0.10%	-0.12%

Tabla N° D.2 Valores de corriente máximo, mínimo, promedio de las fases R, S y T

Valores	Fase R	Fase S	Fase T	Promedio (A)
Máximo	999.3774	994.2863	984.1982	992.6206
Promedio	857.2232	848.4224	844.7482	850.1312
Mínimo	688.7219	677.8796	675.9940	680.8652

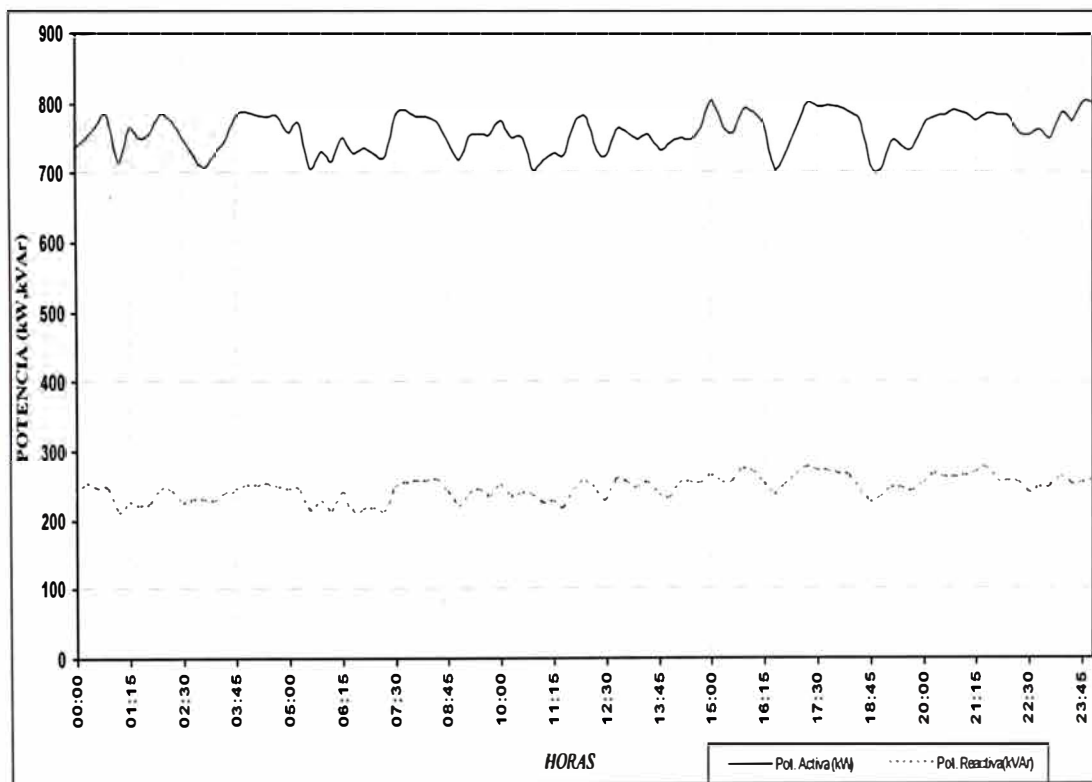


Fig. D.1 Potencia Activa y reactiva Vs Tiempo

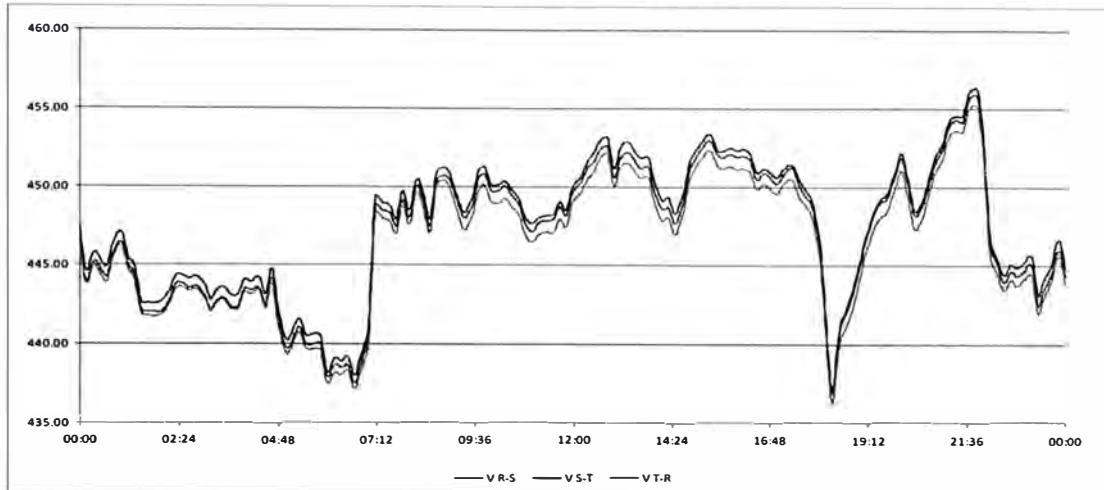


Fig. D.2 Tensión de las fases R, S y T Vs Tiempo

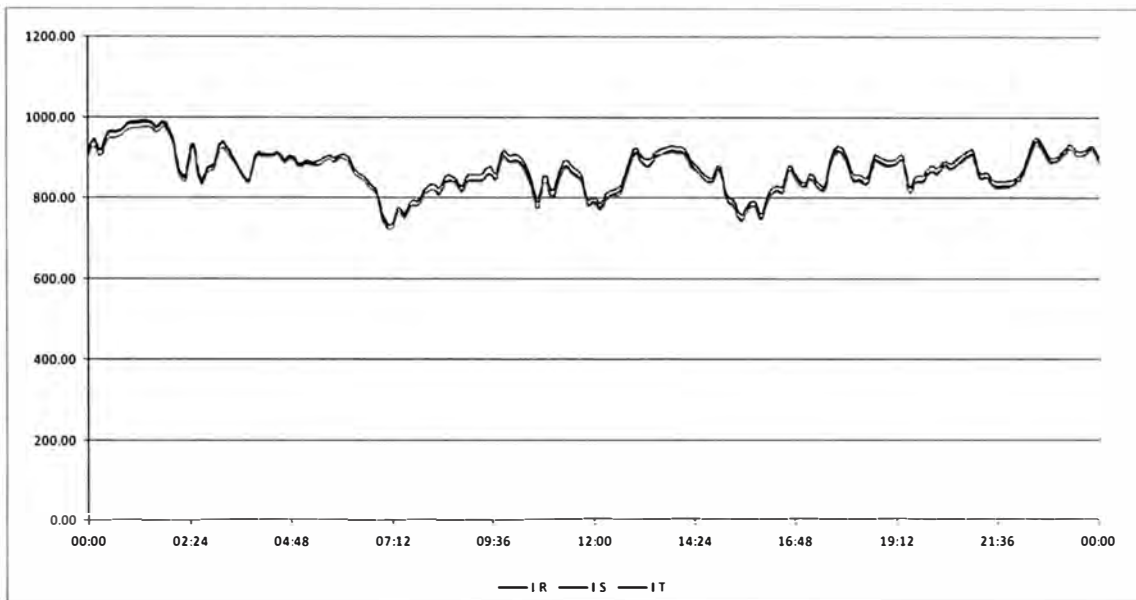


Fig. D.3 Corriente de las fases R, S y T Vs Tiempo

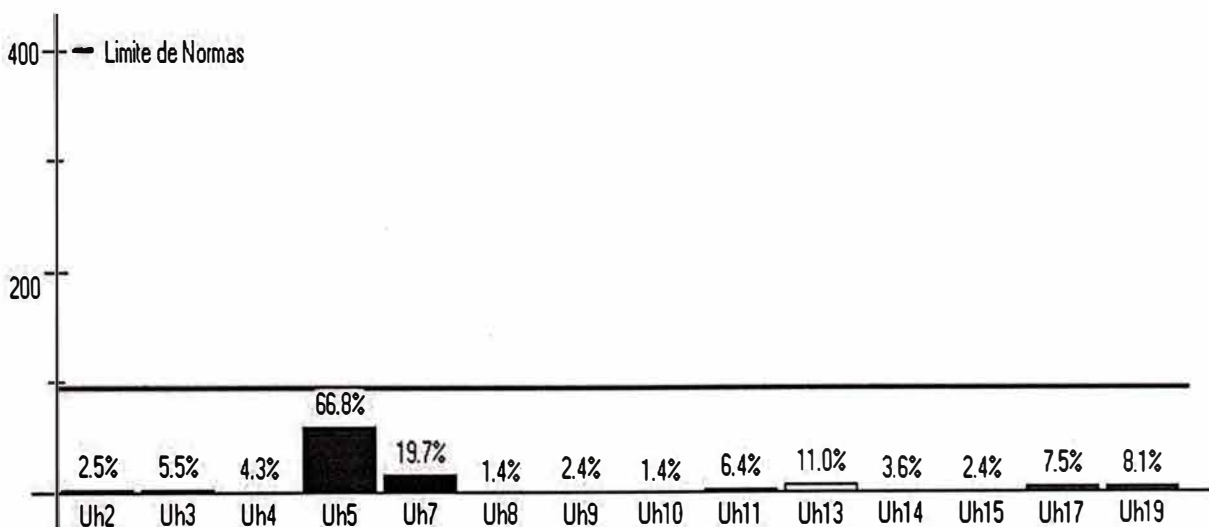


Fig. D.4 Grafica de barras para armónicos de tensión (2 al 20avo)

ANEXO E

TABLAS Y GRAFICAS DELA MEDICION N°2 EN EL SUMINISTRO N°2

El Anexo E corresponde a las tablas y Graficas de los valores registrados durante todo el periodo de medición. La tabla N° E.1 muestra los valores de tensión máximo, mínimo, promedio y el desbalance correspondiente. La tabla N° E.2 muestra los valores máximo, mínimo y promedio de las corrientes registradas. La Fig. E.1 representa el diagrama de carga típica del punto de medición, potencia activa y reactiva. La Fig. E.2 muestra las tensiones durante un día representativo donde se aprecia los máximos y mínimos registrados. La Fig. E.3 representa la grafica de corrientes, esta grafica es muy similar a la de potencia. La Fig. E.4 representa la grafica de barras de los armónicos de tensión del 2 al 20.

Tabla N° E.1 Valores de tensión máximo, mínimo, promedio y desbalance de las fases R, S y T

Valores	Fase R-S	Fase S-T	Fase T-R	Desbalance (%)		
				R-S	S-T	T-R
Máximo	402.1174	402.1504	402.3484	-0.02%	-0.01%	0.04%
Promedio	391.2281	391.5619	391.4290	-0.05%	0.04%	0.01%
Mínimo	381.6584	382.0544	381.9884	-0.06%	0.04%	0.02%

Tabla N° E.2 Valores de corriente máximo, mínimo, promedio de las fases R, S y T

Valores	Fase R	Fase S	Fase T	Promedio (A)
Máximo	1119.3027	1174.2685	1169.5545	1154.3752
Promedio	929.3202	975.8260	970.5126	958.5529
Mínimo	693.4360	723.7944	728.7913	715.3405

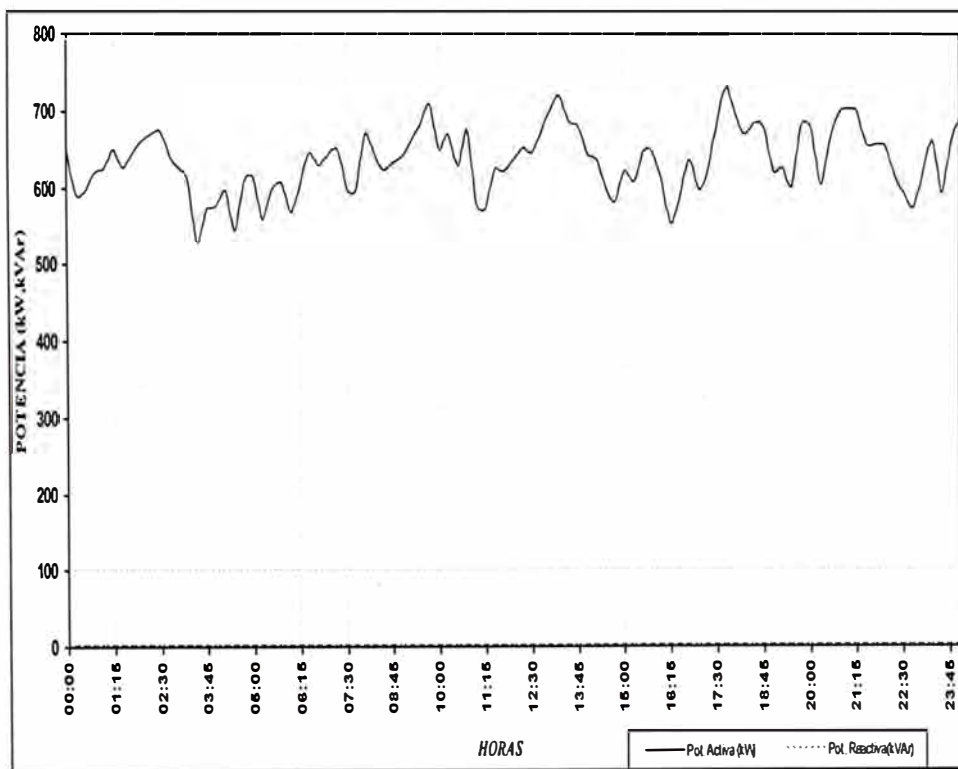


Fig. E.1 Potencia Activa y reactiva Vs Tiempo

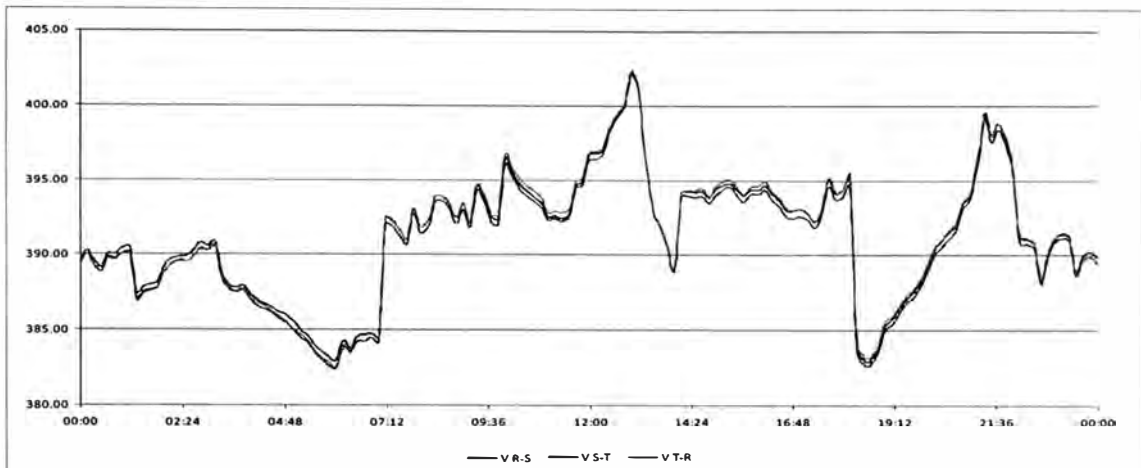


Fig. E.2 Tensión de las fases R, S y T Vs Tiempo

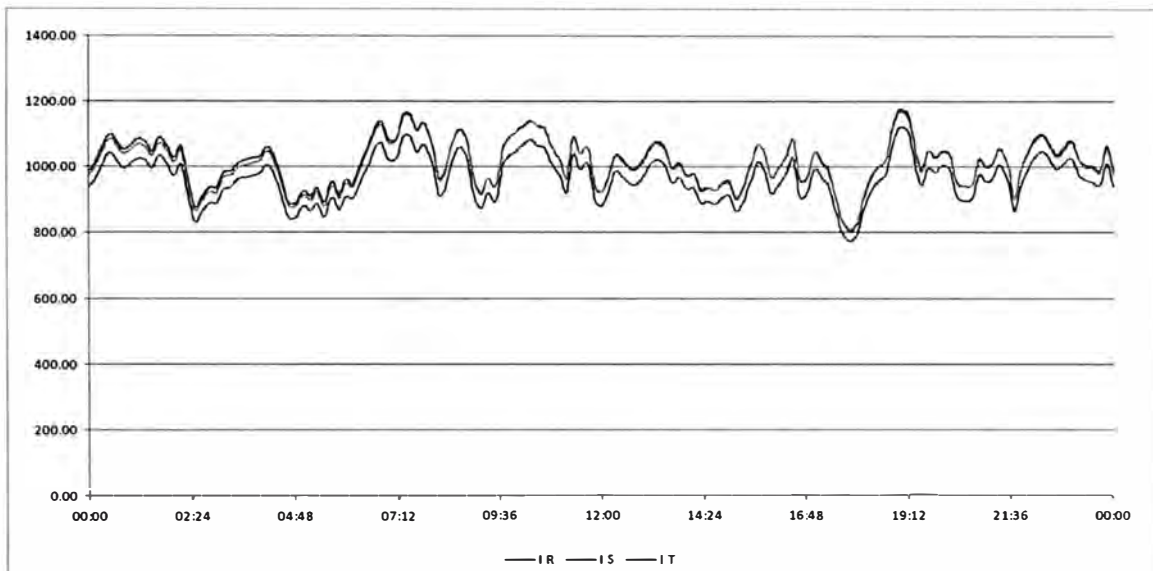


Fig. E.3 Corriente de las fases R, S y T Vs Tiempo

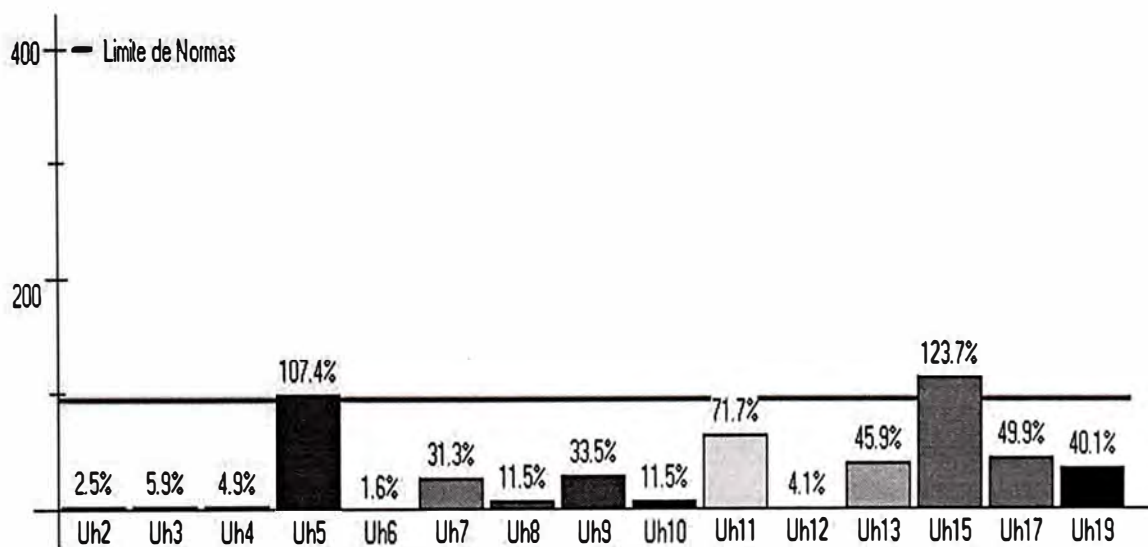


Fig. E.4 Grafica de barras para armónicos de tensión (2 al 20avo)

ANEXO F
TABLAS Y GRAFICAS DE LA MEDICION N°3 EN EL SUMINISTRO N°2

El Anexo F corresponde a las tablas y Graficas de los valores registrados durante todo el periodo de medición. La tabla N° F.1 muestra los valores de tensión máximo, mínimo, promedio y el desbalance correspondiente. La tabla N°F.2 muestra los valores máximo, mínimo y promedio de las corrientes registradas. La Fig. F.1 representa el diagrama de carga típica del punto de medición, potencia activa y reactiva. La Fig. F.2 muestra las tensiones durante un día representativo donde se aprecia los máximos y mínimos registrados. La Fig. F.3 representa la grafica de corrientes, esta grafica es muy similar a la de potencia. La Fig. F.4 representa la grafica de barras de los armónicos de tensión del 2 al 20.

Tabla N° F.1 Valores de tensión máximo, mínimo, promedio y desbalance de las fases R, S y T

Valores	Fase R-S	Fase S-T	Fase T-R	Desbalance (%)		
				R-S	S-T	T-R
Máximo	229.4426	229.7896	230.1799	-0.16%	-0.01%	0.16%
Promedio	224.9961	225.3875	225.5199	-0.14%	0.04%	0.10%
Mínimo	219.7063	219.9448	220.3135	-0.13%	-0.02%	0.15%

Tabla N° F.2 Valores de corriente máximo, mínimo, promedio de las fases R, S y T

Valores	Fase R	Fase S	Fase T	Promedio (A)
Máximo	281.806	250.221	244.093	258.707
Promedio	253.502	227.001	226.863	235.789
Mínimo	233.439	205.721	203.175	214.112

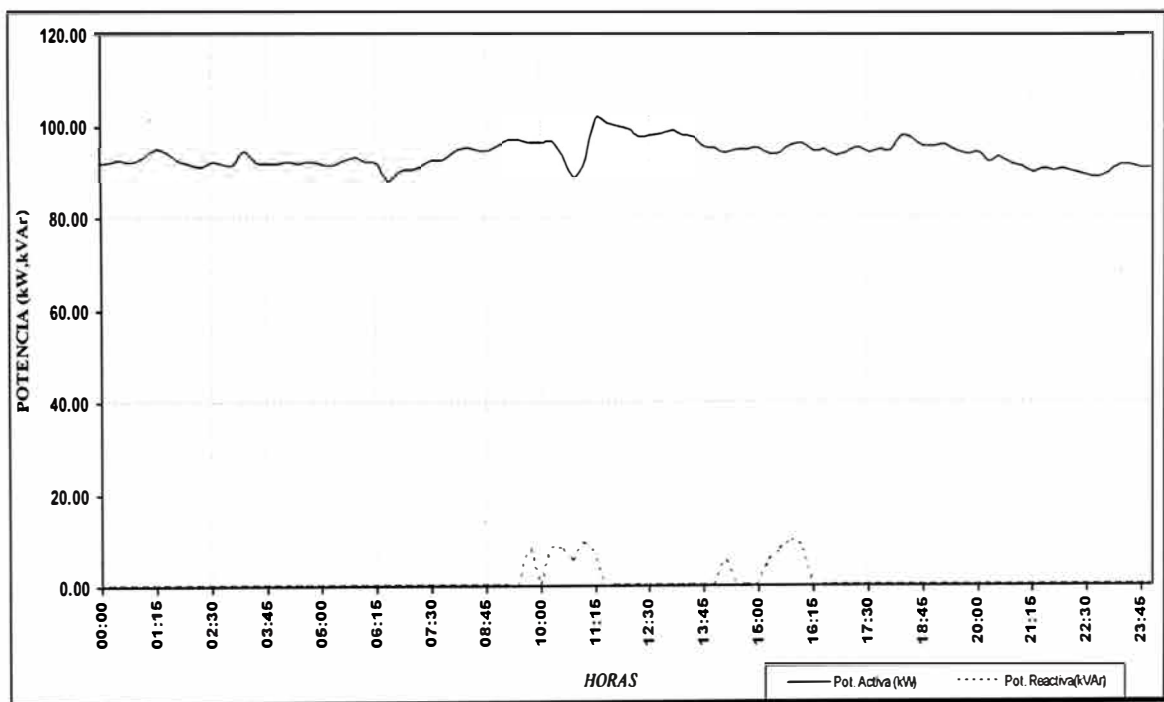


Fig. F.1 Potencia Activa y reactiva Vs Tiempo

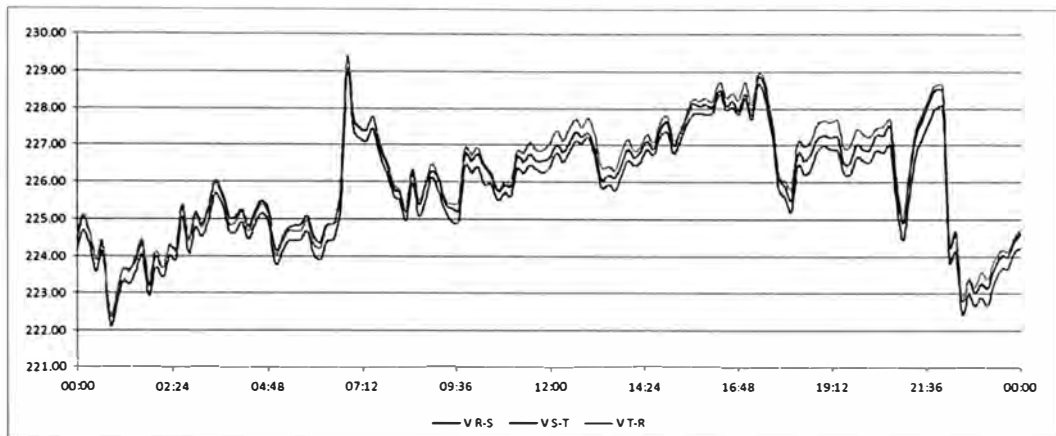


Fig. F.2 Tensión de las fases R, S y T Vs Tiempo

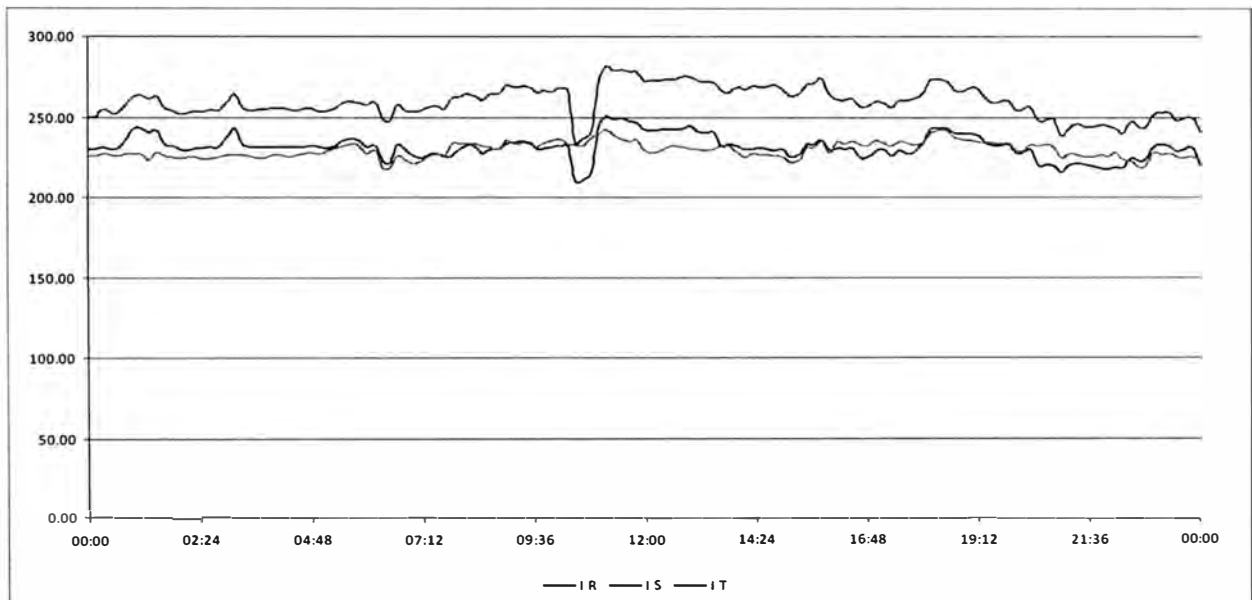


Fig. F.3 Corriente de las fases R, S y T Vs Tiempo

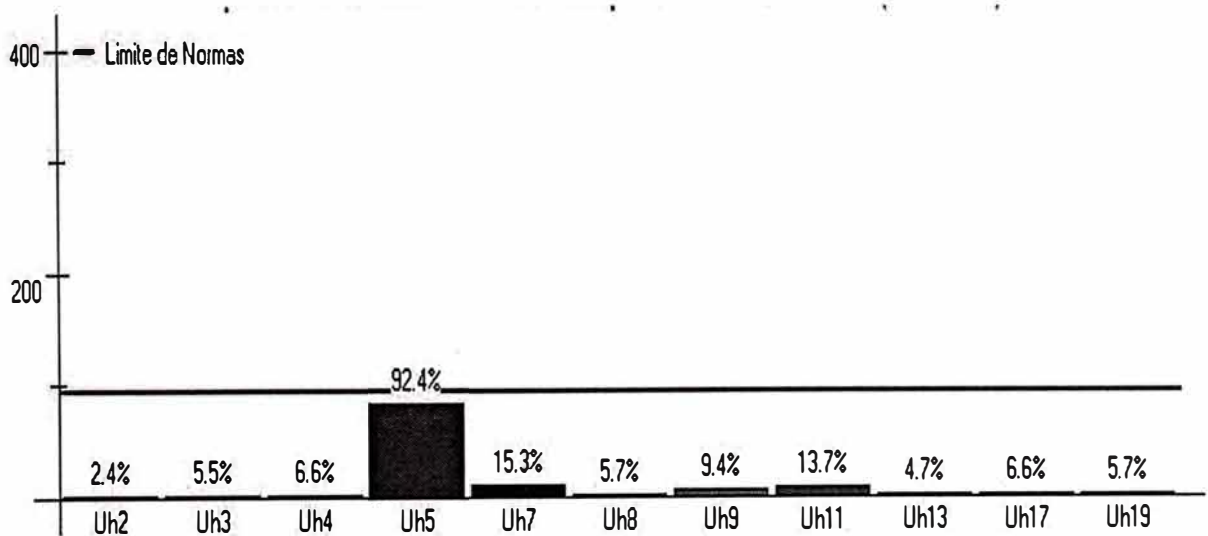


Fig. F.4 Grafica de barras para armónicos de tensión (2 al 20avo)

ANEXO G
TABLAS Y GRAFICAS DELA MEDICION N°4 EN EL SUMINISTRO N°2

El Anexo G corresponde a las tablas y Graficas de los valores registrados durante todo el periodo de medición. La tabla N° G.1 muestra los valores de tensión máximo, mínimo, promedio y el desbalance correspondiente. La tabla N°G.2 muestra los valores máximo, mínimo y promedio de las corrientes registradas. La Fig. G.1 representa el diagrama de carga típica del punto de medición, potencia activa y reactiva. La Fig. G.2 muestra las tensiones durante un día representativo donde se aprecia los máximos y mínimos registrados. La Fig. G.3 representa la grafica de corrientes, esta grafica es muy similar a la de potencia. La Fig. G.4 representa la grafica de barras de los armónicos de tensión del 2 al 20.

Tabla N° G.1 Valores de tensión máximo, mínimo, promedio y desbalance de las fases R, S y T

Valores	Fase R-S	Fase S-T	Fase T-R	Desbalance (%)		
				R-S	S-T	T-R
Máximo	398.5536	398.3556	398.5206	0.02%	-0.03%	0.01%
Promedio	389.7282	389.7070	389.8229	-0.01%	-0.01%	0.02%
Mínimo	380.0415	380.2065	379.9755	-0.01%	0.03%	-0.03%

Tabla N° G.2 Valores de corriente máximo, mínimo, promedio de las fases R, S y T

Valores	Fase R	Fase S	Fase T	Promedio (A)
Máximo	431.9008	440.2918	428.7895	433.6607
Promedio	322.2769	322.5179	315.6099	320.1349
Mínimo	110.8743	108.8001	107.1974	108.9573

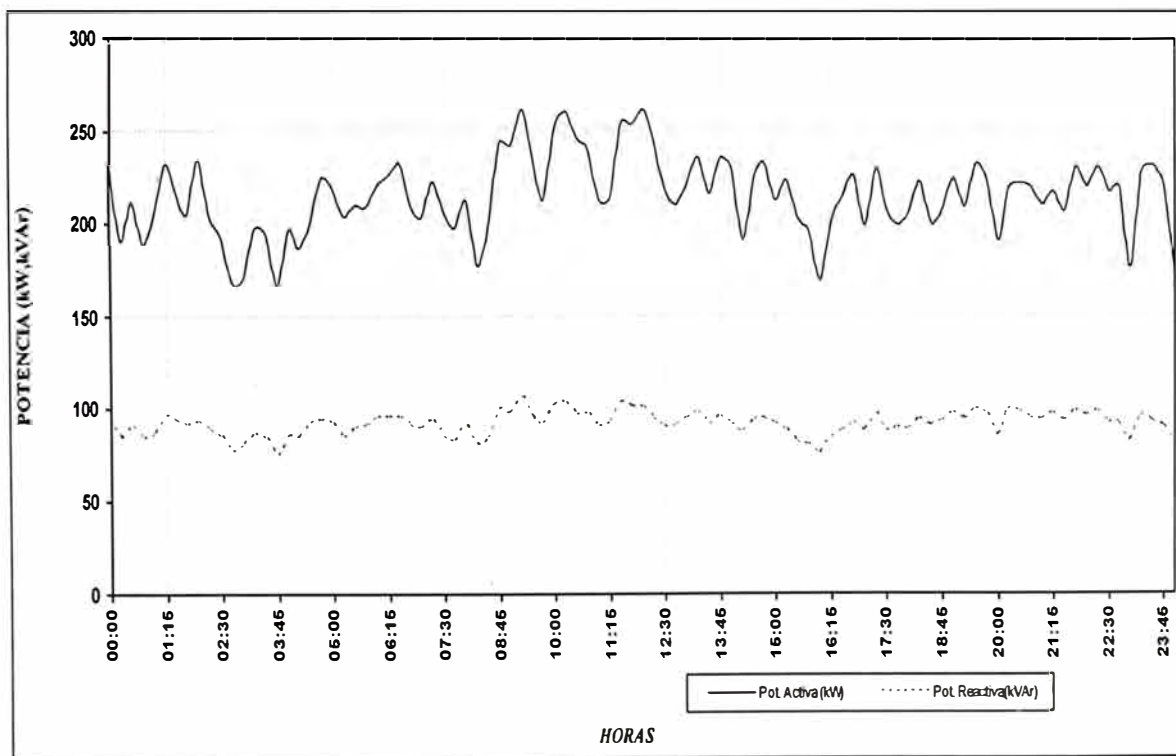


Fig. G.1 Potencia Activa y reactiva Vs Tiempo

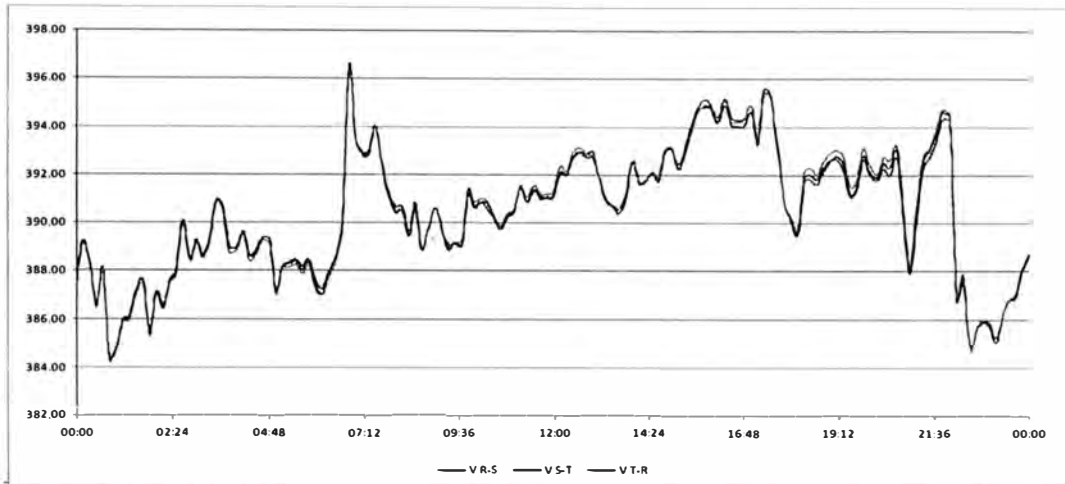


Fig. G.2 Tensión de las fases R, S y T Vs Tiempo

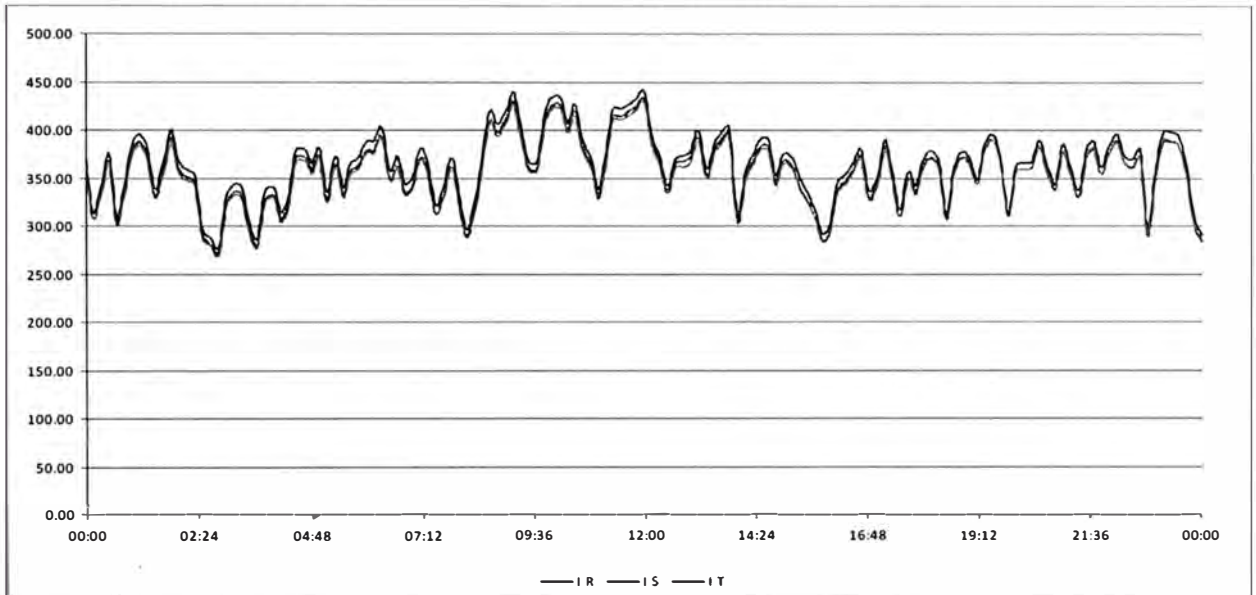


Fig. G.3 Corriente de las fases R, S y T Vs Tiempo

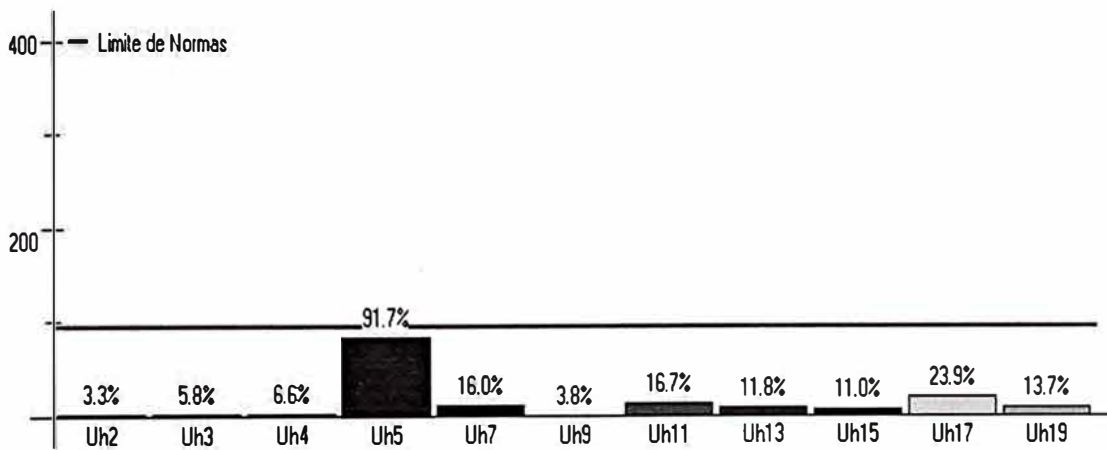


Fig. G.4 Grafica de barras para armónicos de tensión (2 al 20avo)

ANEXO H
TABLAS Y GRAFICAS DELA MEDICION N°5 EN EL SUMINISTRO N°2

El Anexo H corresponde a las tablas y Graficas de los valores registrados durante todo el periodo de medición. La tabla N° H.1 muestra los valores de tensión máximo, mínimo, promedio y el desbalance correspondiente. La tabla N°H.2 muestra los valores máximo, mínimo y promedio de las corrientes registradas. La Fig. H.1 representa el diagrama de carga típica del punto de medición, potencia activa y reactiva. La Fig. H.2 muestra las tensiones durante un día representativo donde se aprecia los máximos y mínimos registrados. La Fig. H.3 representa la grafica de corrientes, esta grafica es muy similar a la de potencia. La Fig. H.4 representa la grafica de barras de los armónicos de tensión del 2 al 20.

Tabla N° H.1 Valores de tensión máximo, mínimo, promedio y desbalance de las fases R, S y T

Valores	Fase R-S	Fase S-T	Fase T-R	Desbalance (%)		
				R-S	S-T	T-R
Máximo	464.2532	464.1212	464.1542	0.02%	-0.01%	0.00%
Promedio	450.4484	450.3665	450.4754	0.00%	-0.01%	0.01%
Mínimo	438.9765	439.0755	439.1415	-0.02%	0.00%	0.02%

Tabla N° H.2 Valores de corriente máximo, mínimo, promedio de las fases R, S y T

Valores	Fase R	Fase S	Fase T	Promedio (A)
Máximo	431.9008	440.2918	428.7895	433.6607
Promedio	322.2769	322.5179	315.6099	320.1349
Mínimo	110.8743	108.8001	107.1974	108.9573

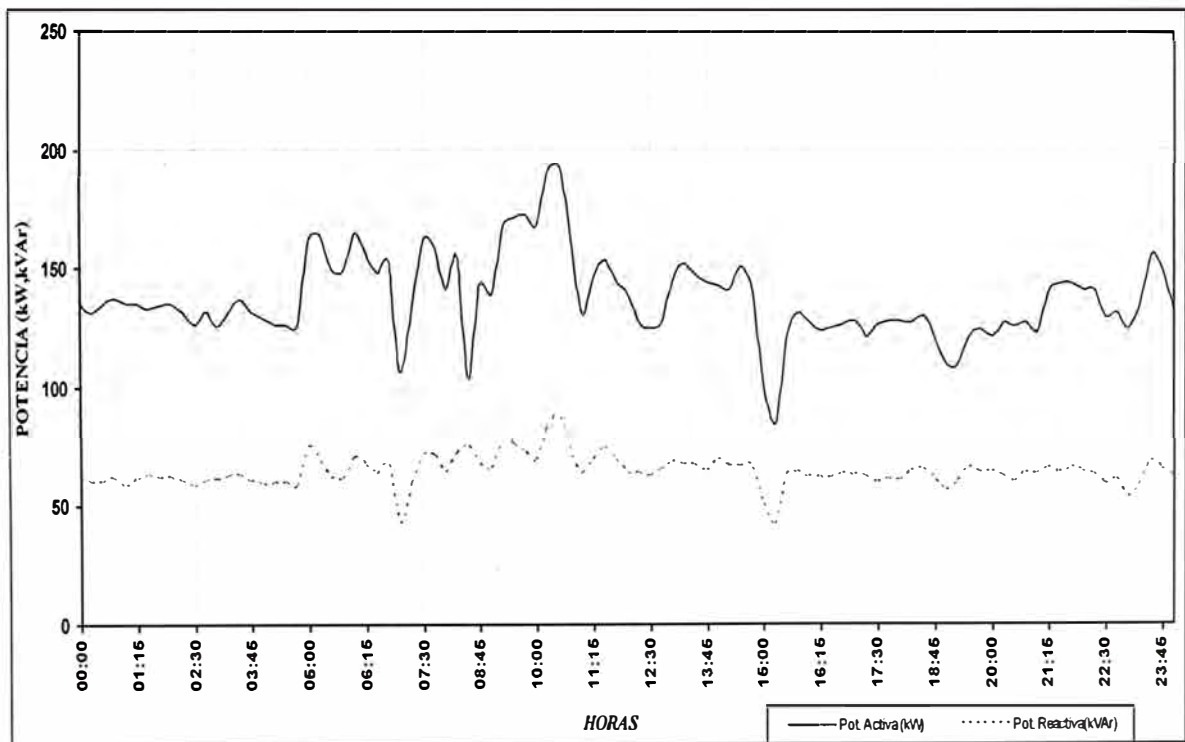


Fig. H.1 Potencia Activa y reactiva Vs Tiempo

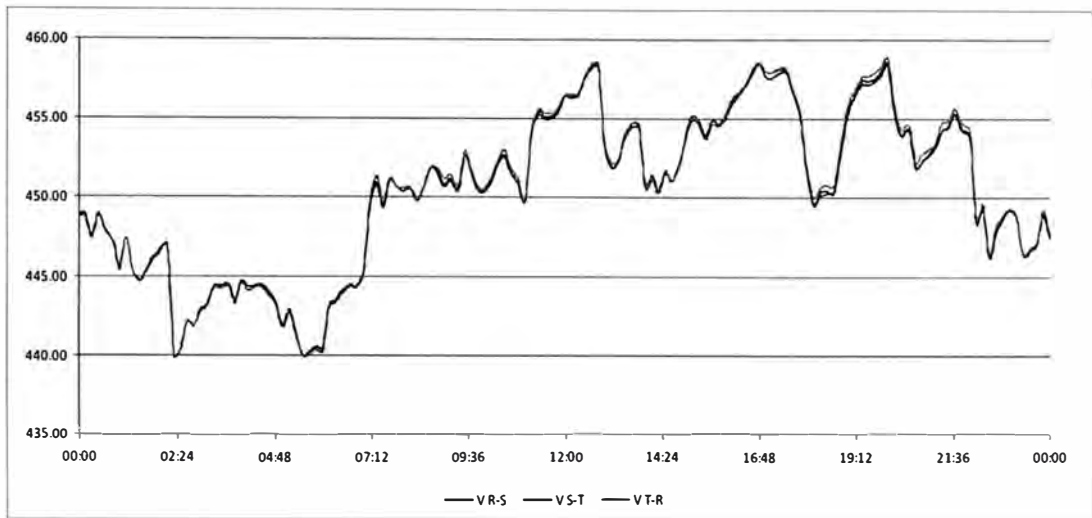


Fig. H.2 Tensión de las fases R, S y T Vs Tiempo

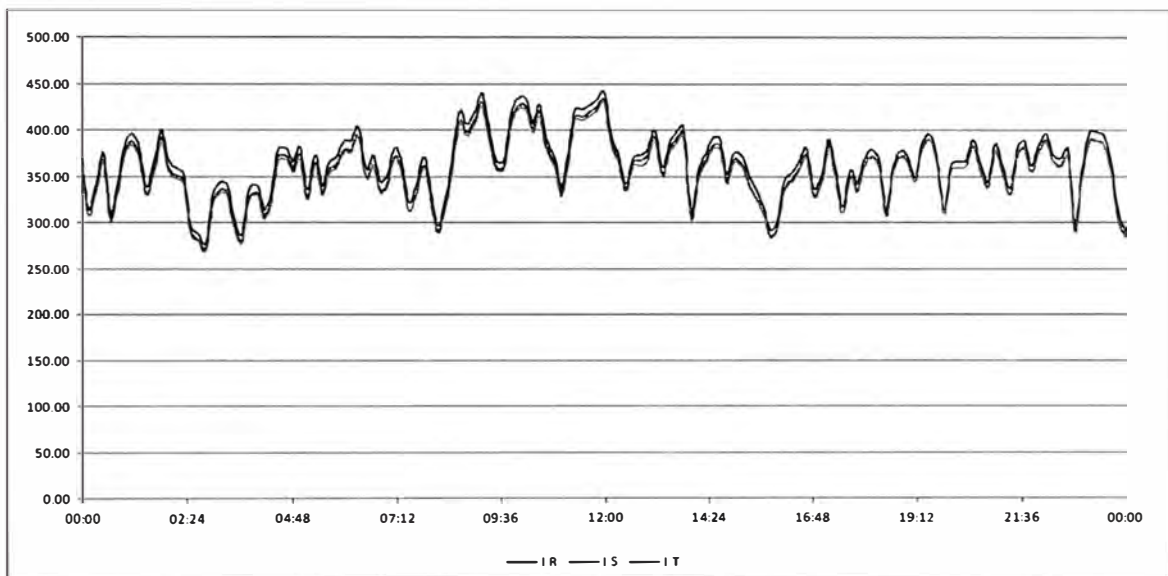


Fig. H.3 Corriente de las fases R, S y T Vs Tiempo

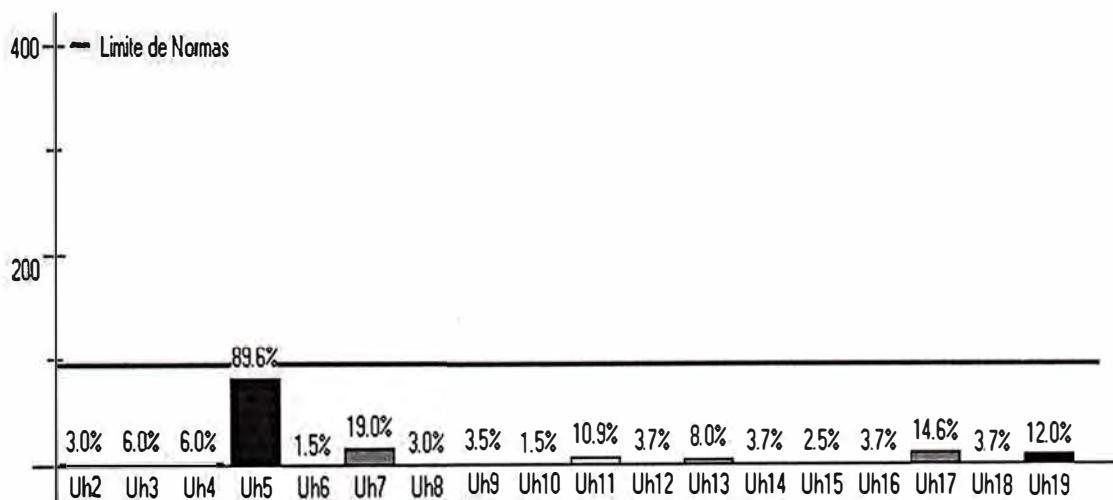


Fig. H.4 Grafica de barras para armónicos de tensión (2 al 20avo)

ANEXO I
TABLAS Y GRAFICAS DELA MEDICION N°1 EN EL SUMINISTRO N°3

El Anexo I corresponde a las tablas y Graficas de los valores registrados durante todo el periodo de medición. La tabla N° I.1 muestra los valores de tensión máximo, mínimo, promedio y el desbalance correspondiente. La tabla N°I.2 muestra los valores máximo, mínimo y promedio de las corrientes registradas. La Fig. I.1 representa el diagrama de carga típica del punto de medición, potencia activa y reactiva. La Fig. I.2 muestra las tensiones durante un día representativo donde se aprecia los máximos y mínimos registrados. La Fig. I.3 representa la grafica de corrientes, esta grafica es muy similar a la de potencia. La Fig. I.4 representa la grafica de barras de los armónicos de tensión del 2 al 20. Las siguientes son las graficas de los métodos de direccionalidad de armónicos.

Tabla N° I.1 Valores de tensión máximo, mínimo, promedio y desbalance de las fases R, S y T

Valores	Fase R-S	Fase S-T	Fase T-R	Desbalance (%)		
				R-S	S-T	T-R
Máximo	459.5928	459.1573	458.7632	0.09%	0.00%	-0.09%
Promedio	449.6293	449.4099	449.2845	0.04%	-0.01%	-0.03%
Mínimo	437.0497	436.4690	436.4898	0.09%	-0.05%	-0.04%

Tabla N° I.2 Valores de corriente máximo, mínimo, promedio de las fases R, S y T

Valores	Fase R	Fase S	Fase T	Promedio (A)
Máximo	724.7372	717.5719	721.9088	721.4060
Promedio	493.8798	484.2892	486.3573	488.1754
Mínimo	94.1866	92.1124	96.2608	94.1866

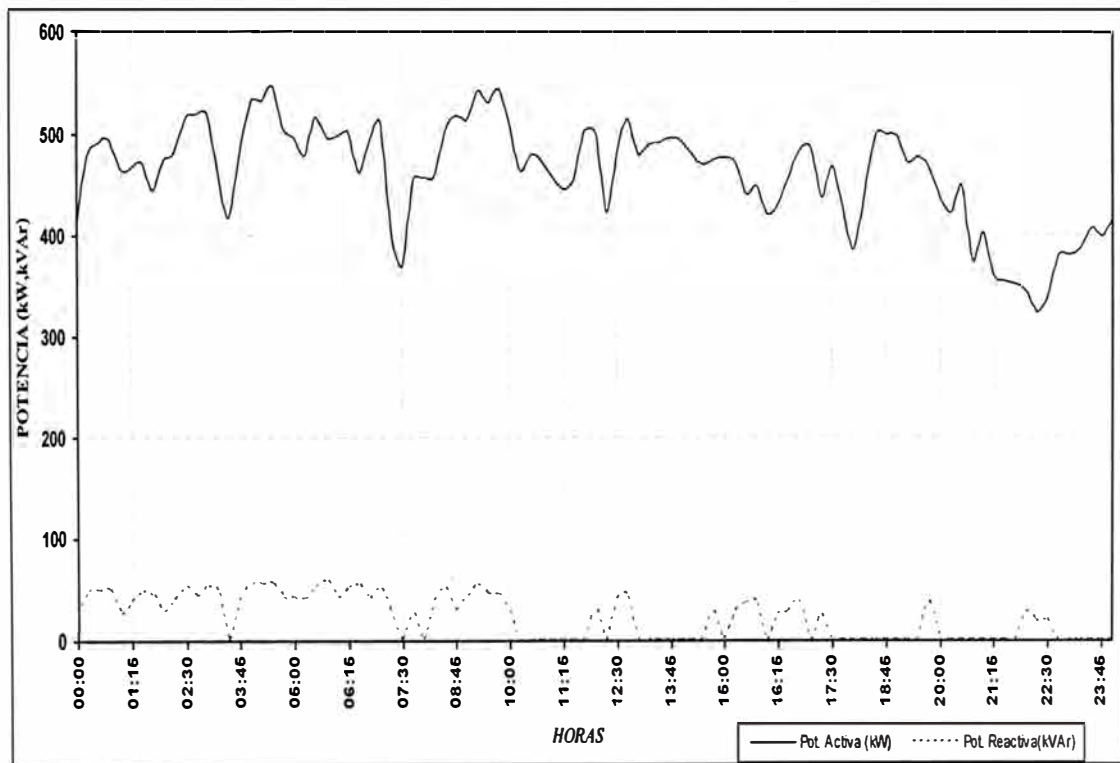


Fig. I.1 Potencia Activa y reactiva Vs Tiempo

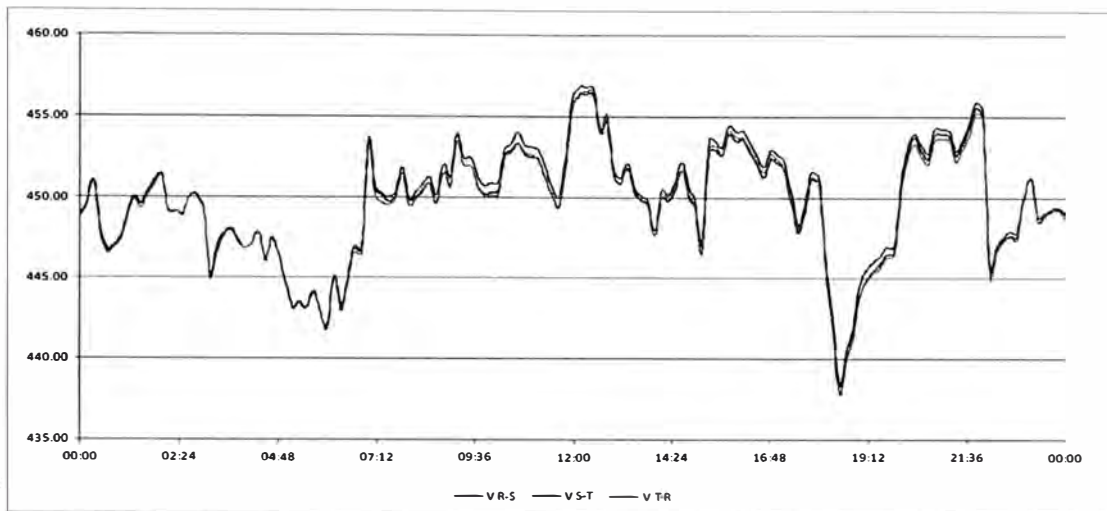


Fig. I.2 Tensión de las fases R, S y T Vs Tiempo

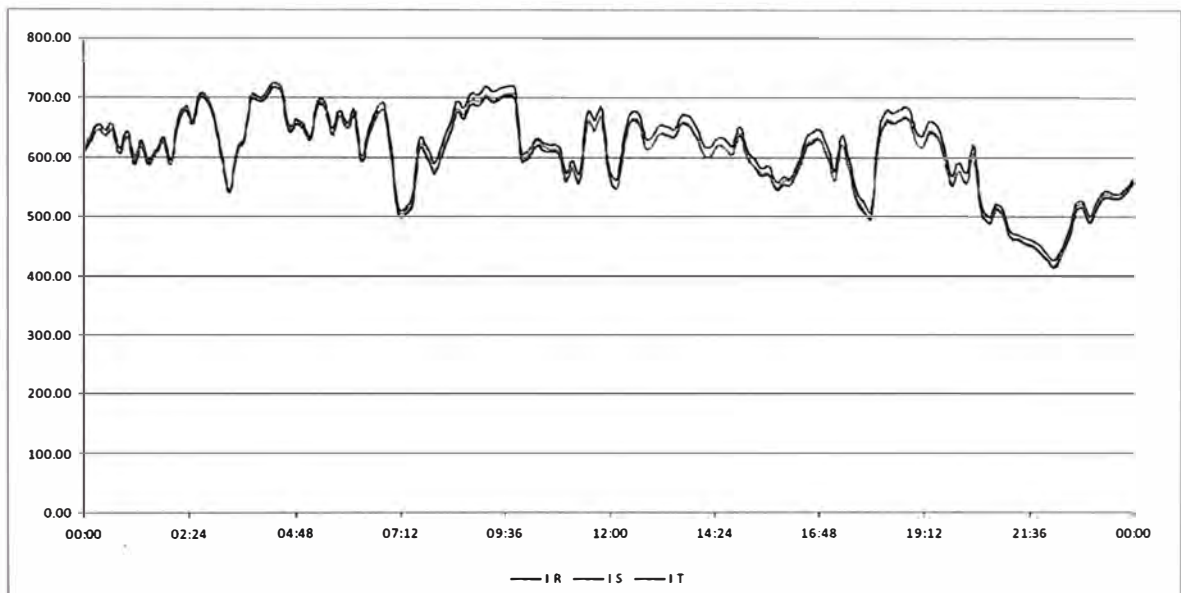


Fig. I.3 Corriente de las fases R, S y T Vs Tiempo

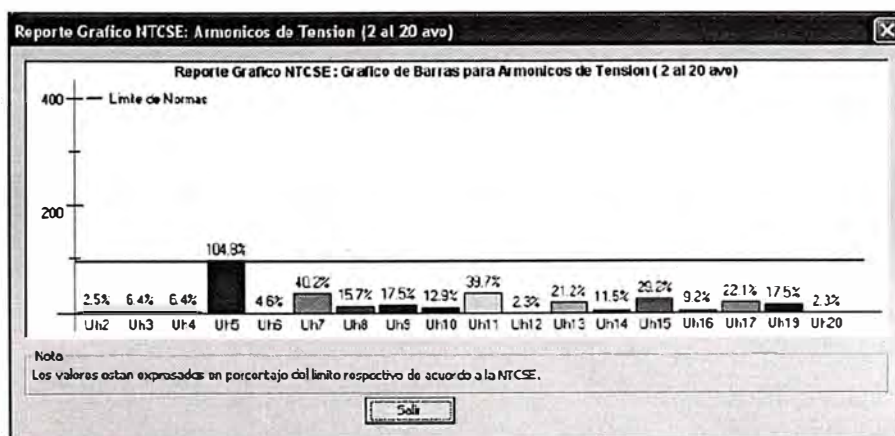


Fig. I.4 Grafica de barras para armónicos de tensión (2 al 20avo)

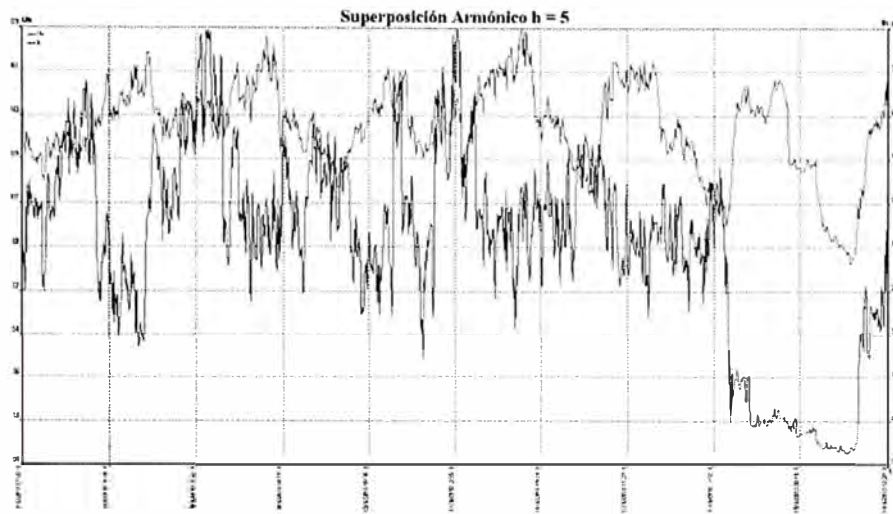


Fig. I.5 Grafica de Método de Superposición h=5

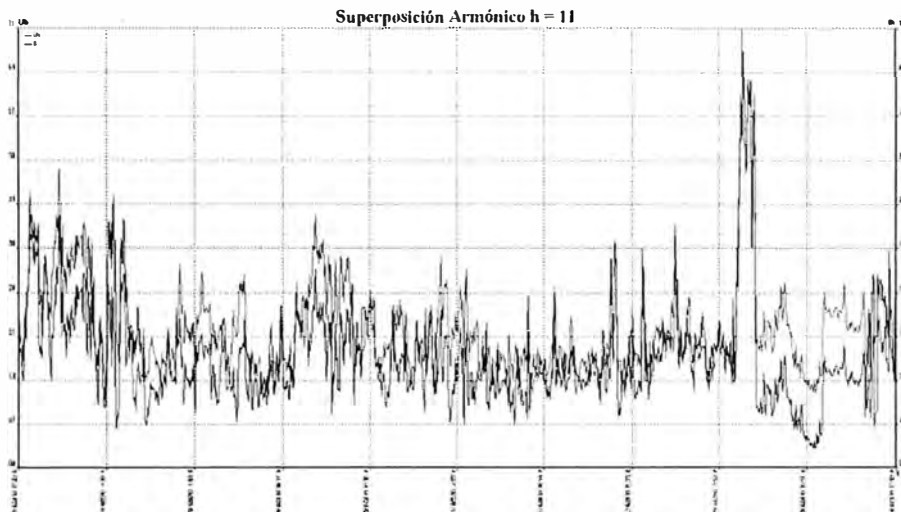


Fig. I.6 Grafica de Método de Superposición h=11

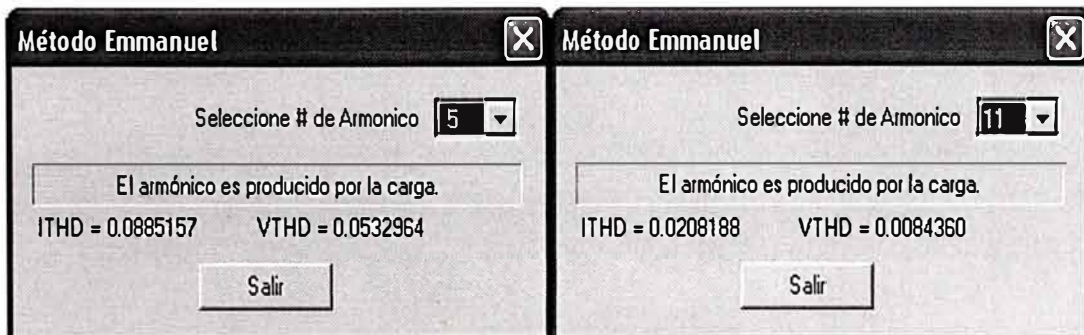


Fig. I.7 Grafica de Método de EMANUEL

ANEXO J
TABLAS Y GRAFICAS DELA MEDICION N°1 EN EL SUMINISTRO N°4

El Anexo J corresponde a las tablas y Graficas de los valores registrados durante todo el periodo de medición. La tabla N° J.1 muestra los valores de tensión máximo, mínimo, promedio y el desbalance correspondiente. La tabla N°J.2 muestra los valores máximo, mínimo y promedio de las corrientes registradas. La Fig. J.1 representa el diagrama de carga típica del punto de medición, potencia activa y reactiva. La Fig. J.2 muestra las tensiones durante un día representativo donde se aprecia los máximos y mínimos registrados. La Fig. J.3 representa la grafica de corrientes, esta grafica es muy similar a la de potencia. La Fig. J.4 representa la grafica de barras de los armónicos de tensión del 2 al 20. Las siguientes son las graficas de los métodos de direccionalidad de armónicos.

Tabla N° J.1 Valores de tensión máximo, mínimo, promedio y desbalance de las fases R, S y T

Valores	Fase R-S	Fase S-T	Fase T-R	Desbalance (%)		
				R-S	S-T	T-R
Máximo	464.9227	463.6783	464.4457	0.12%	-0.14%	0.02%
Promedio	452.6357	451.5320	452.7964	0.07%	-0.17%	0.11%
Mínimo	440.6375	439.4347	441.0730	0.06%	-0.22%	0.16%

Tabla N° J.2 Valores de corriente máximo, mínimo, promedio de las fases R, S y T

Valores	Fase R	Fase S	Fase T	Promedio (A)
Máximo	179.6051	179.8879	180.0765	179.8565
Promedio	107.8104	106.5441	107.2603	107.2049
Mínimo	4.4312	1.3199	0.9428	2.2313

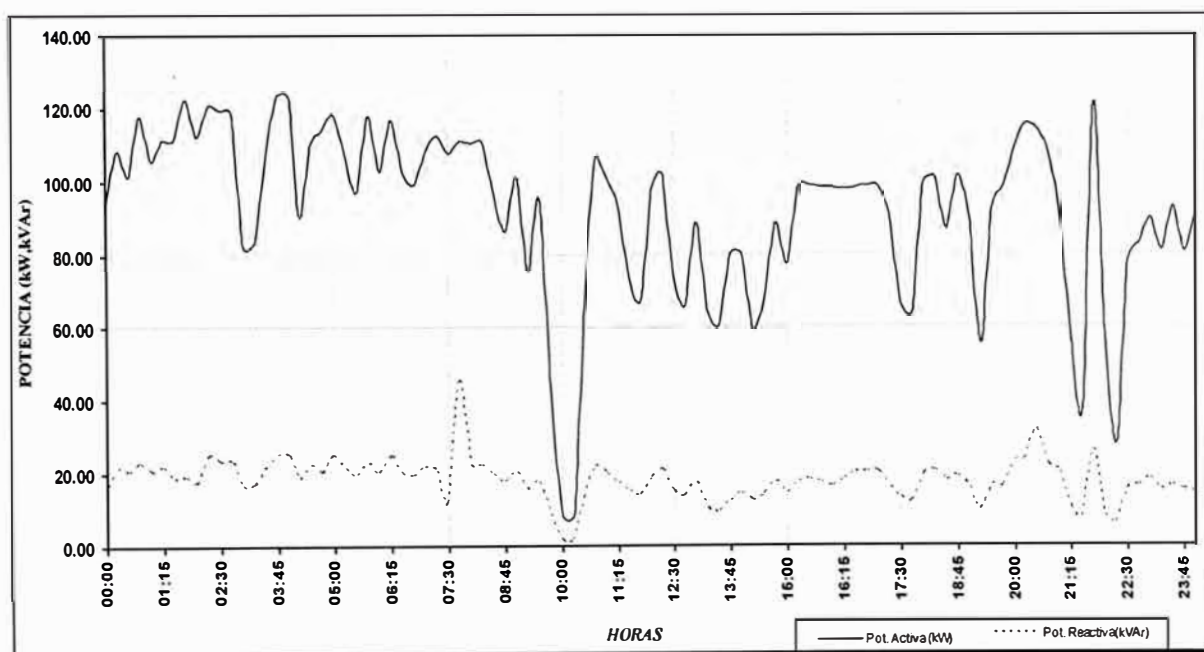


Fig. J.1 Potencia Activa y reactiva Vs Tiempo

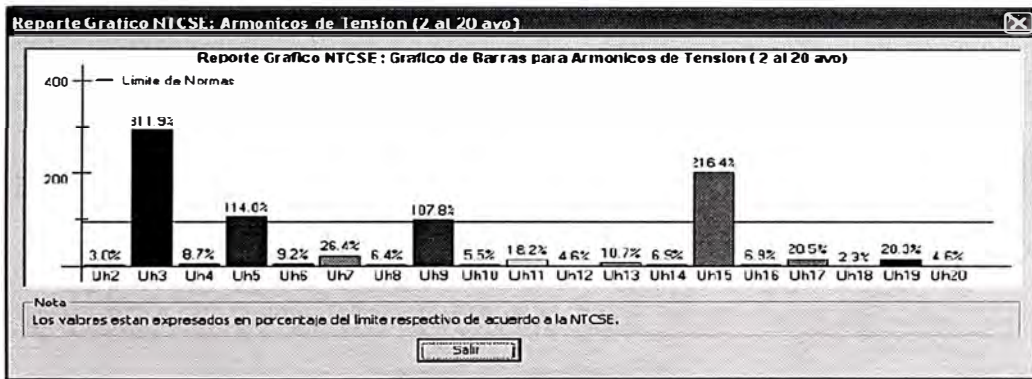
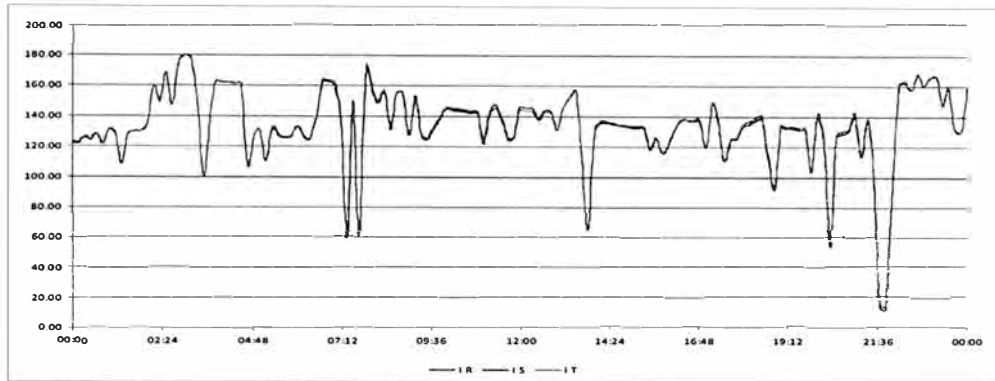
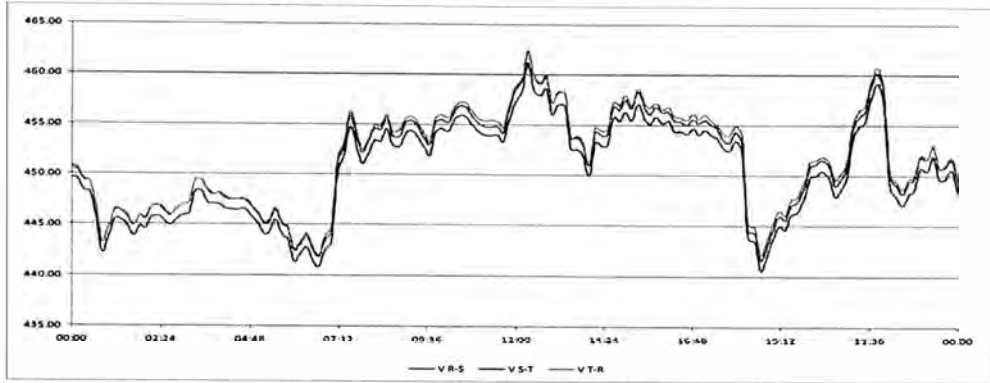


Fig. J.4 Grafica de barras para armónicos de tensión (2 al 20avo)

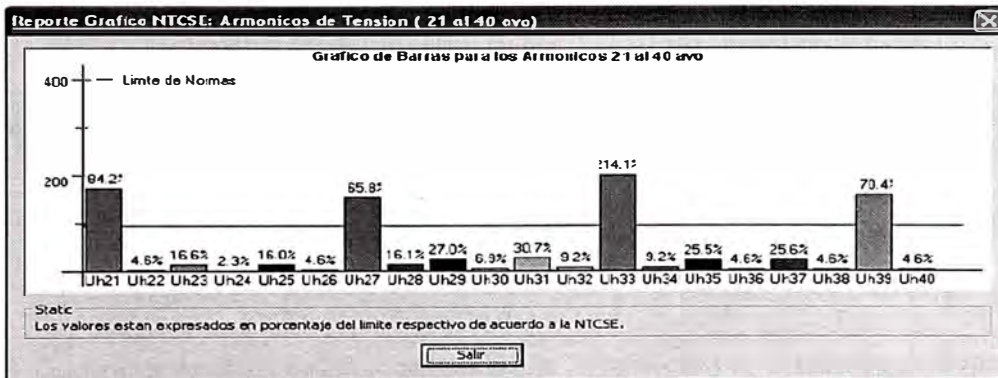


Fig. J.5 Grafica de barras para armónicos de tensión (21 al 40avo)

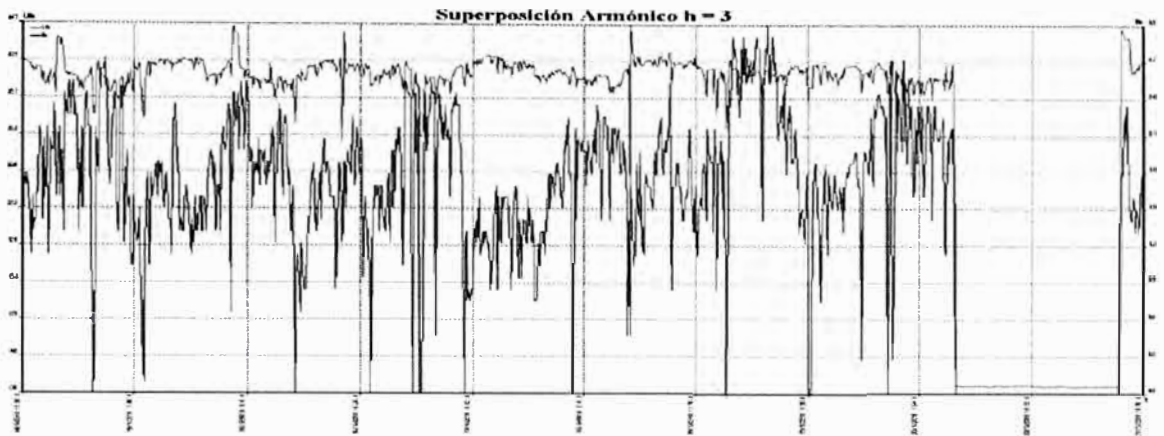


Fig. J.6 Grafica de Análisis de Direccionalidad de Armónicos por el Método de Superposición $h=3$

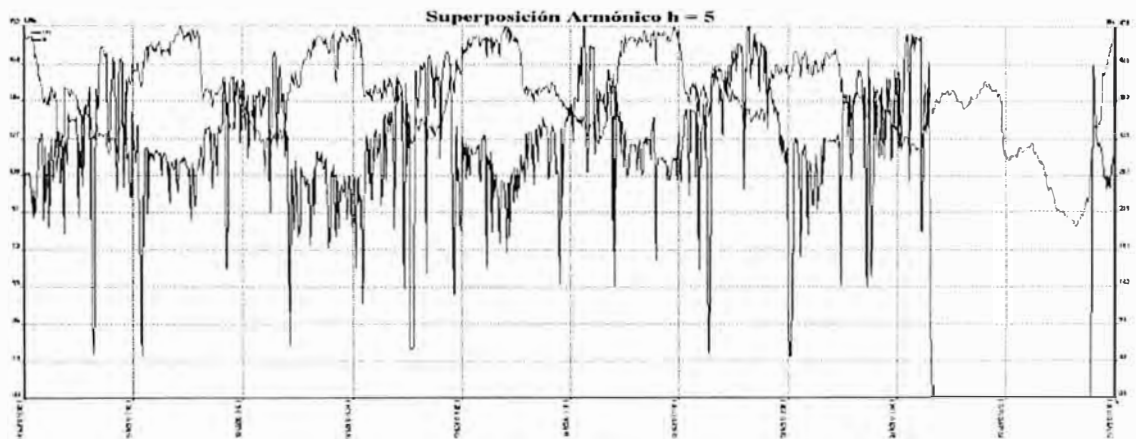


Fig. J.7 Grafica de Análisis de Direccionalidad de Armónicos por el Método de Superposición $h=5$

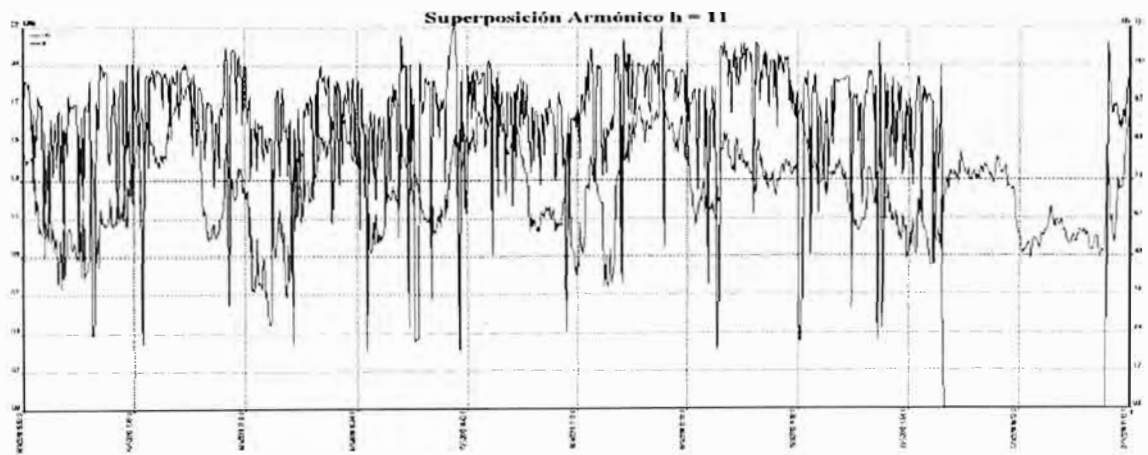


Fig. J.8 Grafica de Análisis de Direccionalidad de Armónicos por el Método de Superposición $h=11$

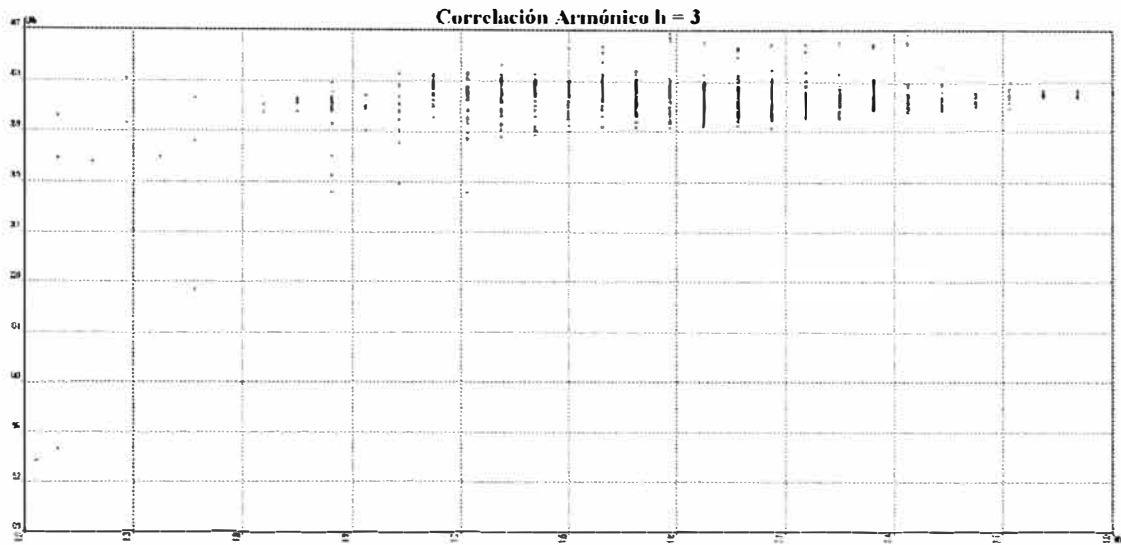


Fig. J.9 Análisis de Direccionalidad de Armónicos por el Método de Correlación h=3

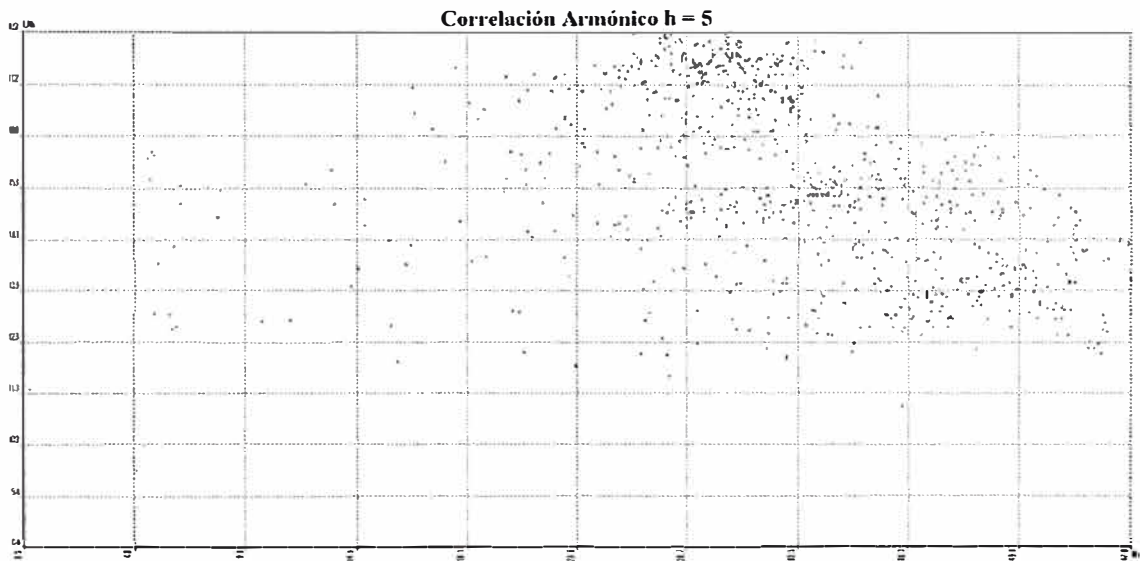


Fig. J.10 Análisis de Direccionalidad de Armónicos por el Método de Correlación h=5

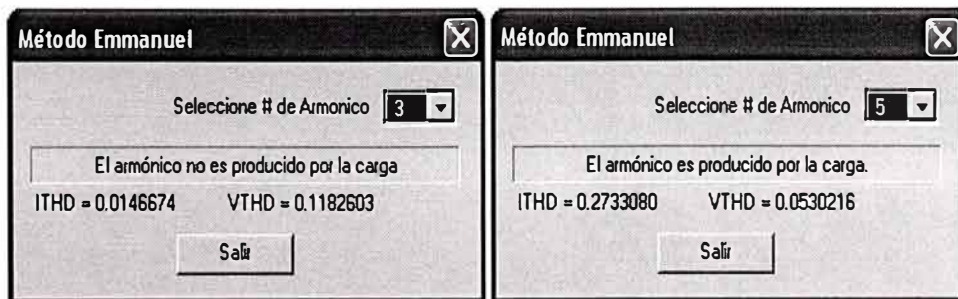


Fig. J.11 Análisis de Direccionalidad de Armónicos por el Método de EMANUEL

ANEXO K
TABLAS Y GRAFICAS DE LA MEDICION N°1 EN EL SUMINISTRO N°5

El Anexo K corresponde a las tablas y Graficas de los valores registrados durante todo el periodo de medición. La tabla N° K.1 muestra los valores de tensión máximo, mínimo, promedio y el desbalance correspondiente. La tabla N°K.2 muestra los valores máximo, mínimo y promedio de las corrientes registradas. La Fig. K.1 representa el diagrama de carga típica del punto de medición, potencia activa y reactiva. La Fig. K.2 muestra las tensiones durante un día representativo donde se aprecia los máximos y mínimos registrados. La Fig. K.3 representa la grafica de corrientes, esta grafica es muy similar a la de potencia.

Tabla N° K.1 Valores de tensión máximo, mínimo, promedio y desbalance de las fases R, S y T

Valores	Fase R-S	Fase S-T	Fase T-R	Desbalance (%)		
				R-S	S-T	T-R
Máximo	227.0278	227.6292	226.8619	-0.06%	0.20%	-0.14%
Promedio	215.8904	217.5834	215.1096	-0.14%	0.64%	-0.50%
Mínimo	209.2339	211.0174	208.4043	-0.15%	0.70%	-0.55%

Tabla N° K.2 Valores de corriente máximo, mínimo, promedio de las fases R, S y T

Valores	Fase R	Fase S	Fase T	Promedio (A)
Máximo	487.7150	481.0211	510.7196	493.1519
Promedio	357.1874	343.2958	377.1881	359.2238
Mínimo	80.2330	83.3443	80.7987	81.4587

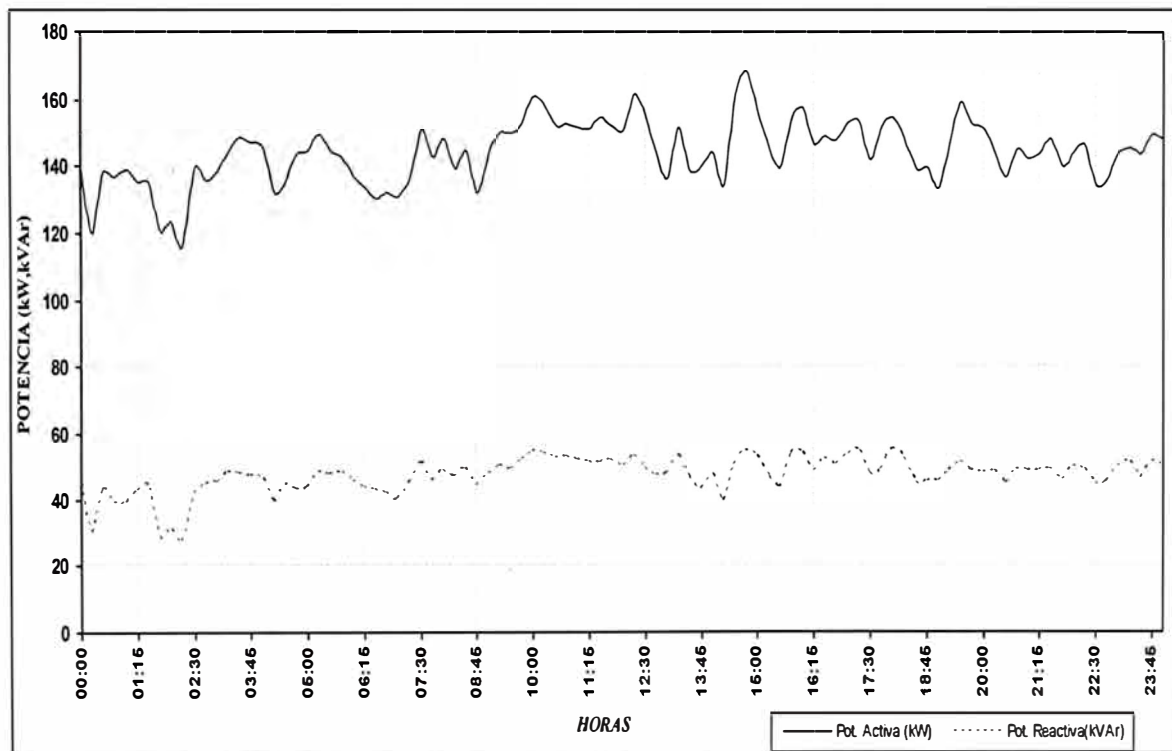


Fig. K.1 Potencia Activa y reactiva Vs Tiempo

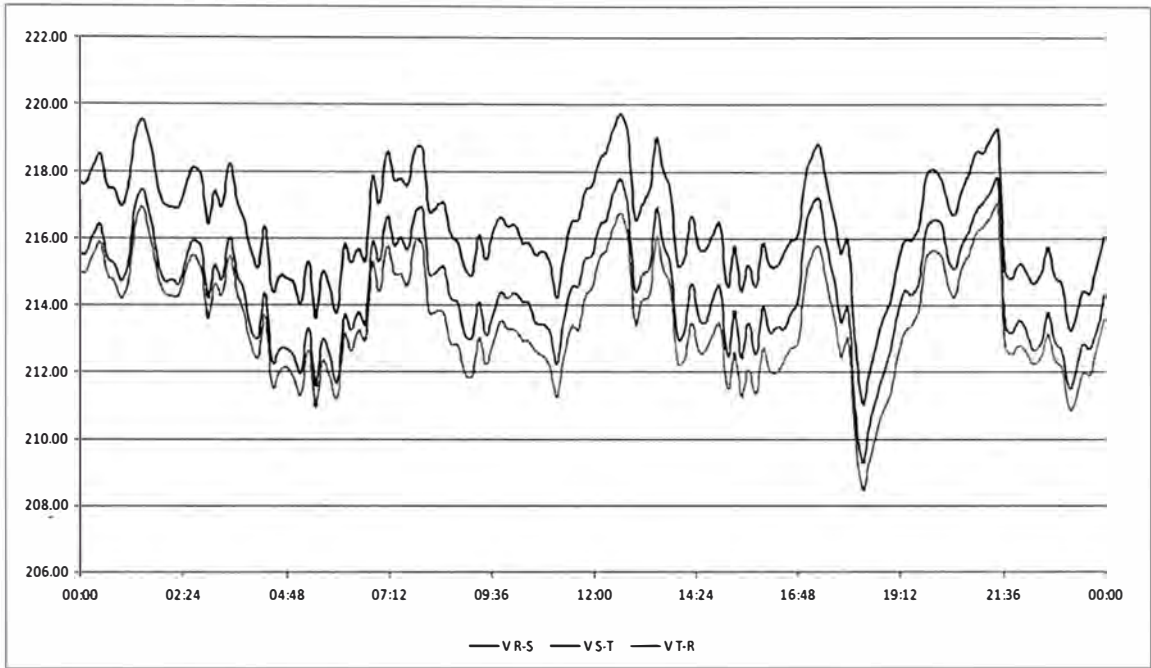


Fig. K.2 Tensión de las fases R, S y T Vs Tiempo

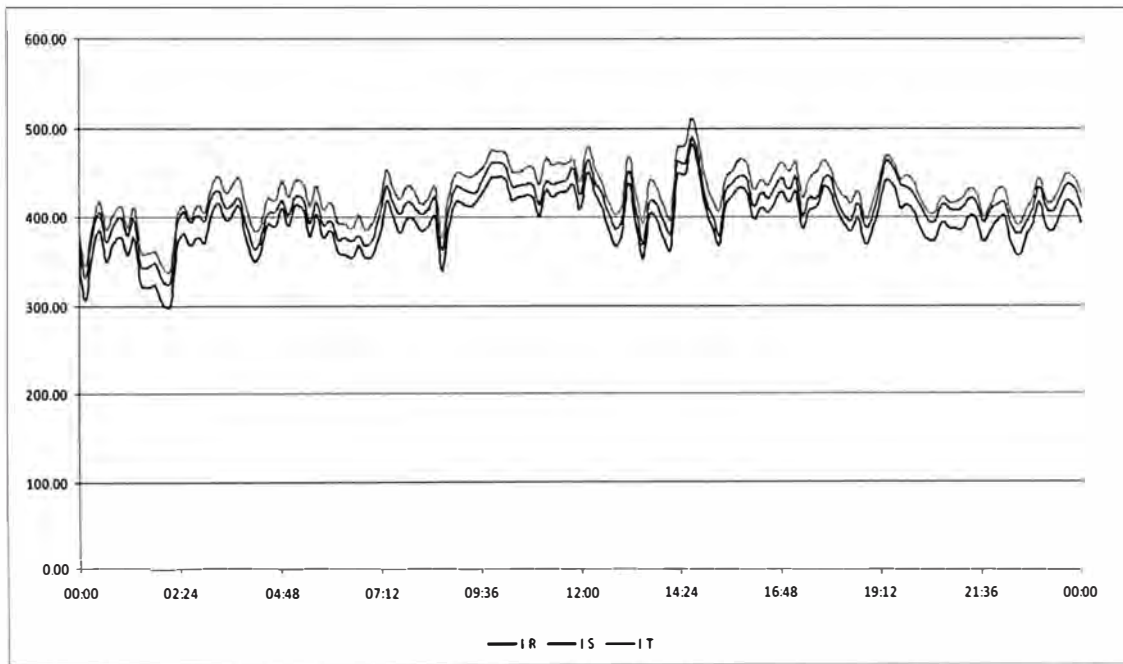


Fig. K.3 Corriente de las fases R, S y T Vs Tiempo

ANEXO L
TABLAS Y GRAFICAS DELA MEDICION N°1 EN EL SUMINISTRO N°6

El Anexo L corresponde a las tablas y Graficas de los valores registrados durante todo el periodo de medición. La tabla N° L.1 muestra los valores de tensión máximo, mínimo, promedio y el desbalance correspondiente. La tabla N°L.2 muestra los valores máximo, mínimo y promedio de las corrientes registradas. La Fig. L.1 representa el diagrama de carga típica del punto de medición, potencia activa y reactiva. La Fig. L.2 muestra las tensiones durante un día representativo donde se aprecia los máximos y mínimos registrados. La Fig. L.3 representa la grafica de corrientes, esta grafica es muy similar a la de potencia.

Tabla N° L.1 Valores de tensión máximo, mínimo, promedio y desbalance de las fases R, S y T

Valores	Fase R-S	Fase S-T	Fase T-R	Desbalance (%)		
				R-S	S-T	T-R
Máximo	224.1751	234.3061	225.6481	-1.70%	2.75%	-1.05%
Promedio	218.0441	220.4155	218.9630	-0.50%	0.58%	-0.08%
Mínimo	210.2001	204.7753	211.1342	0.72%	-1.88%	1.16%

Tabla N° L.2 Valores de corriente máximo, mínimo, promedio de las fases R, S y T

Valores	Fase R	Fase S	Fase T	Promedio (A)
Máximo	197.4242	192.2387	201.1011	196.9214
Promedio	82.0953	73.0107	82.4482	79.1847
Mínimo	24.0416	11.5023	20.7418	18.7619

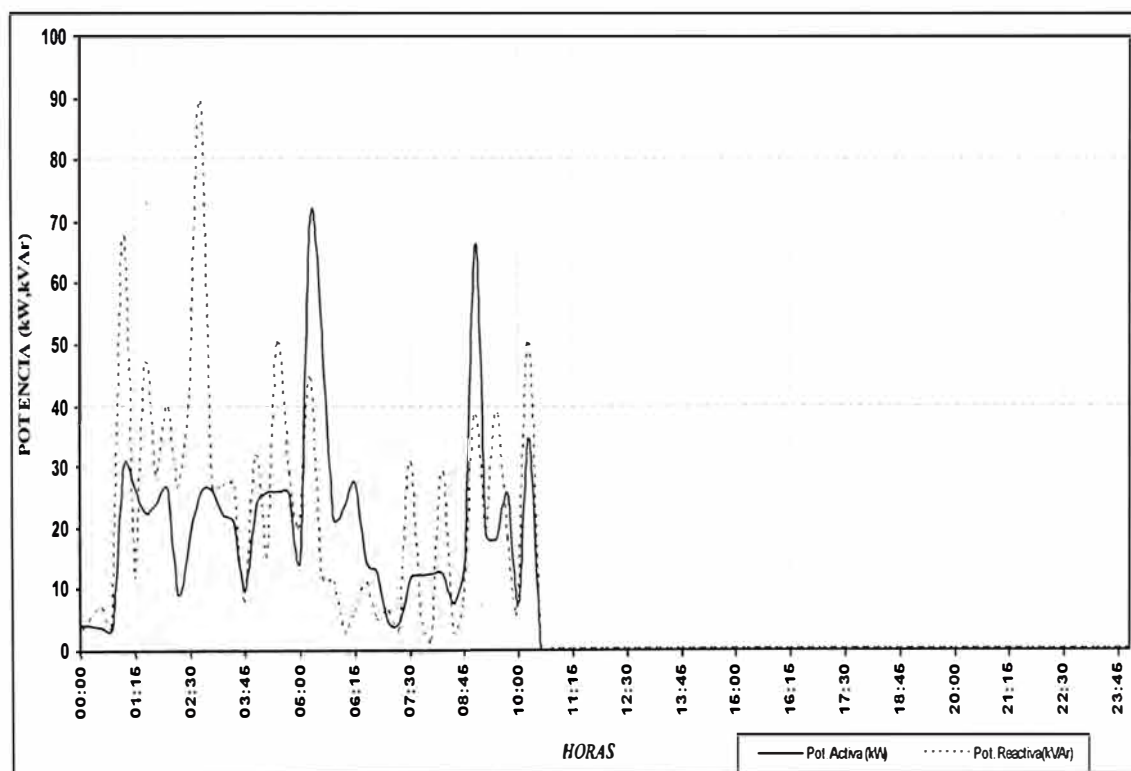


Fig. L.1 Potencia Activa y reactiva Vs Tiempo

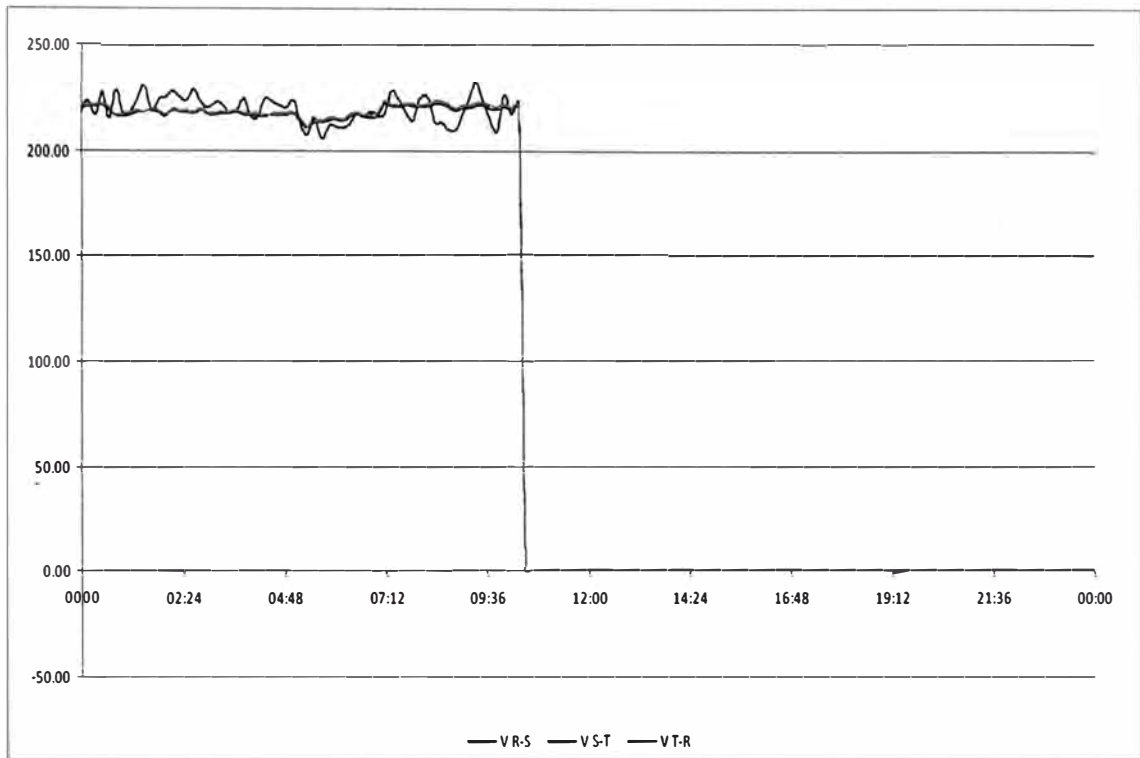


Fig. L.2 Tensión de las fases R, S y T Vs Tiempo

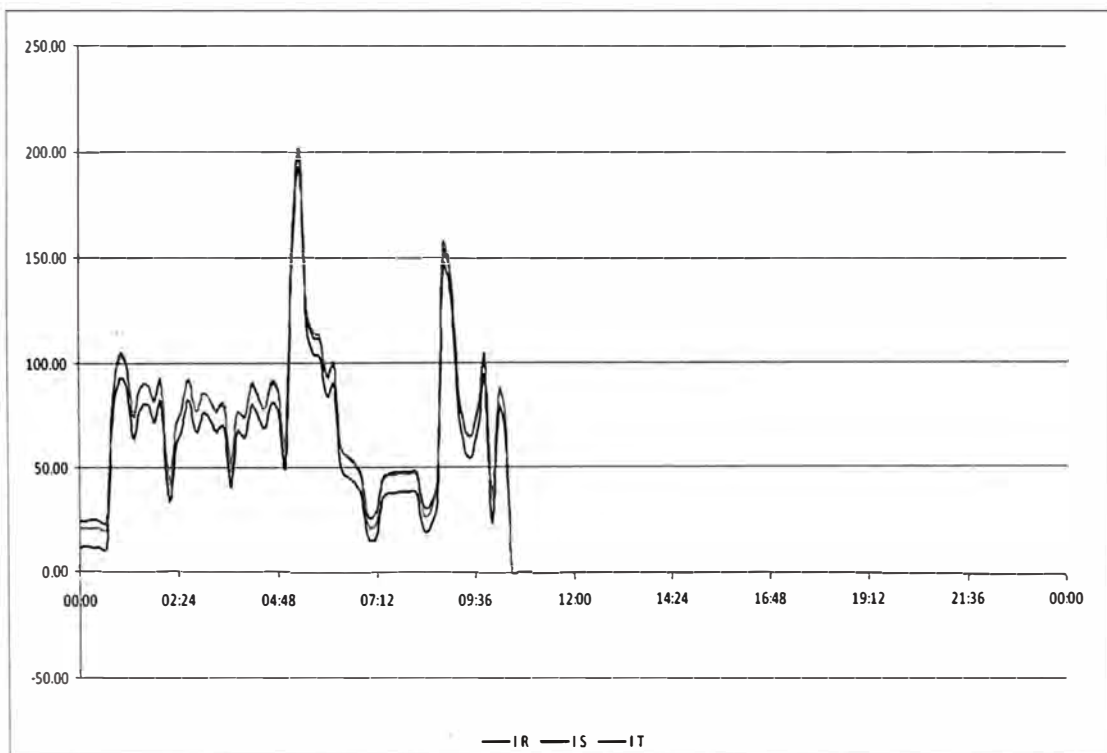


Fig. L.3 Corriente de las fases R, S y T Vs Tiempo

ANEXO M
TABLAS Y GRAFICAS DELA MEDICION N°1 EN EL SUMINISTRO N°7

El Anexo M corresponde a las tablas y Graficas de los valores registrados durante todo el periodo de medición. La tabla N° M.1 muestra los valores de tensión máximo, mínimo, promedio y el desbalance correspondiente. La tabla N°M.2 muestra los valores máximo, mínimo y promedio de las corrientes registradas. La Fig. M.1 representa el diagrama de carga típica del punto de medición, potencia activa y reactiva. La Fig. M.2 muestra las tensiones durante un día representativo donde se aprecia los máximos y mínimos registrados. La Fig. M.3 representa la grafica de corrientes, esta grafica es muy similar a la de potencia.

Tabla N° M.1 Valores de tensión máximo, mínimo, promedio y desbalance de las fases R, S y T

Valores	Fase R-S	Fase S-T	Fase T-R	Desbalance (%)		
				R-S	S-T	T-R
Máximo	230.0658	230.7088	230.4599	-0.15%	0.13%	0.02%
Promedio	223.9149	224.4385	224.5470	-0.17%	0.06%	0.11%
Mínimo	212.4977	213.4933	212.8710	-0.21%	0.25%	-0.04%

Tabla N° M.2 Valores de corriente máximo, mínimo, promedio de las fases R, S y T

Valores	Fase R	Fase S	Fase T	Promedio (A)
Máximo	513.0766	538.8153	499.8773	517.2564
Promedio	395.9162	410.6106	371.4741	392.6670
Mínimo	287.7453	293.4964	231.8367	271.0261

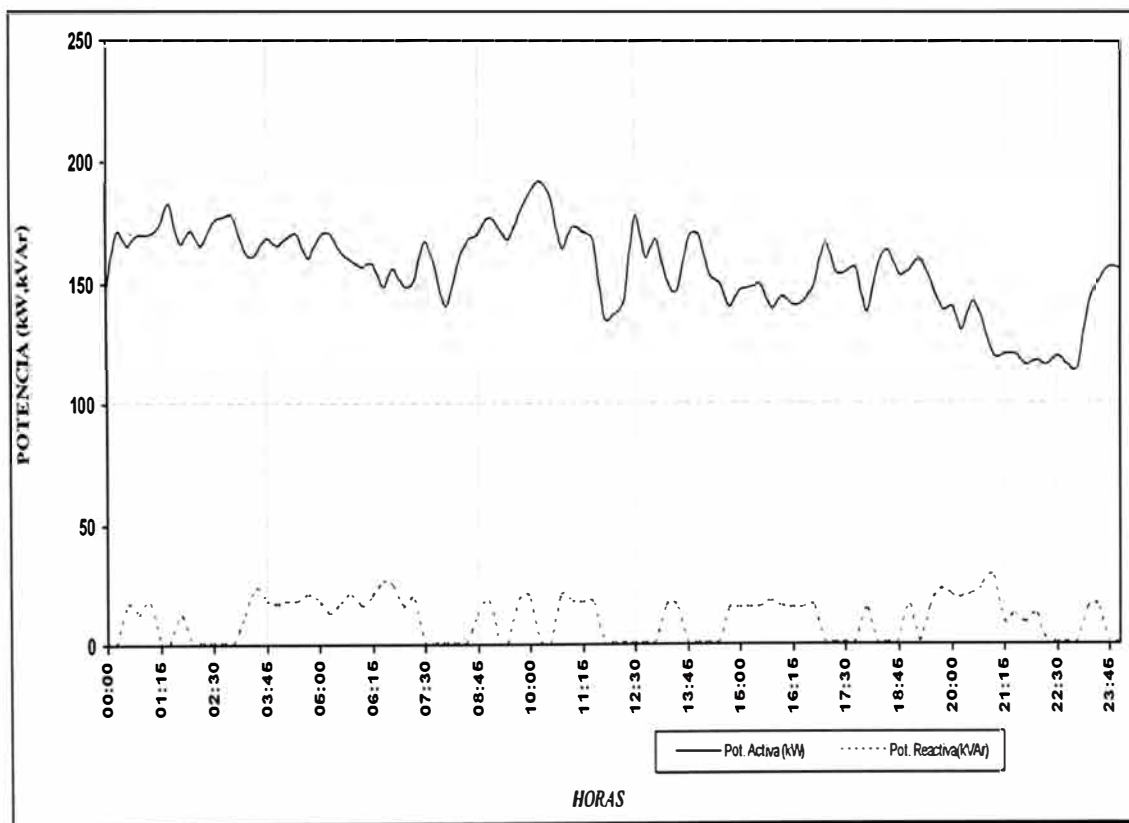


Fig. M.1 Potencia Activa y reactiva Vs Tiempo

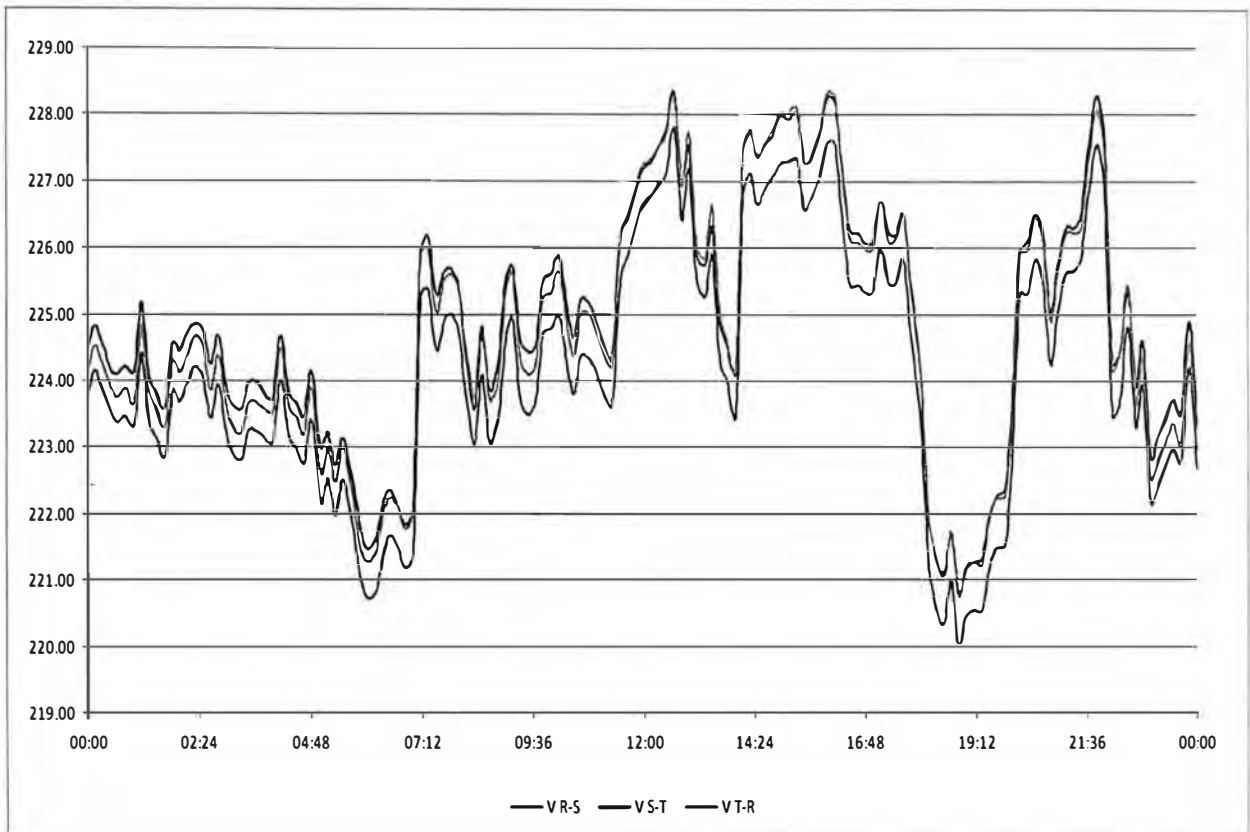


Fig. M.2 Tensión de las fases R, S y T Vs Tiempo

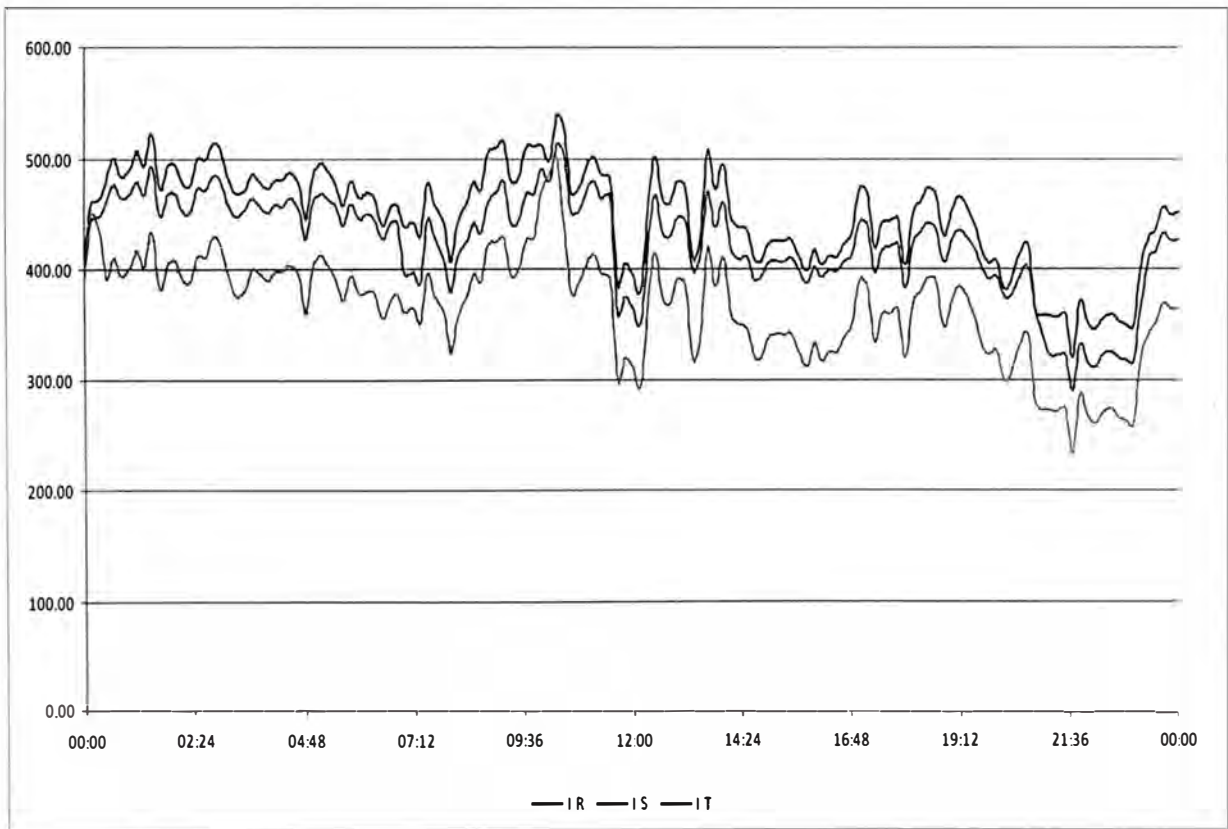


Fig. M.3 Corriente de las fases R, S y T Vs Tiempo

ANEXO N
TABLAS Y GRAFICAS DELA MEDICION N°1 EN EL SUMINISTRO N°8

El Anexo N corresponde a las tablas y Graficas de los valores registrados durante todo el periodo de medición. La tabla N° N.1 muestra los valores de tensión máximo, mínimo, promedio y el desbalance correspondiente. La tabla N°N.2 muestra los valores máximo, mínimo y promedio de las corrientes registradas. La Fig. N.1 representa el diagrama de carga típica del punto de medición, potencia activa y reactiva. La Fig. N.2 muestra las tensiones durante un día representativo donde se aprecia los máximos y mínimos registrados. La Fig. N.3 representa la grafica de corrientes, esta grafica es muy similar a la de potencia.

Tabla N° N.1 Valores de tensión máximo, mínimo, promedio y desbalance de las fases R, S y T

Valores	Fase R-S	Fase S-T	Fase T-R	Desbalance (%)		
				R-S	S-T	T-R
Máximo	229.7012	230.0972	229.9322	-0.09%	0.08%	0.01%
Promedio	223.8152	224.1213	224.2561	-0.11%	0.03%	0.09%
Mínimo	212.2121	213.2021	212.6081	-0.22%	0.25%	-0.03%

Tabla N° N.2 Valores de corriente máximo, mínimo, promedio de las fases R, S y T

Valores	Fase R	Fase S	Fase T	Promedio (A)
Máximo	85.5128	81.2701	89.3783	85.3871
Promedio	44.8484	42.1577	44.5654	43.8572
Mínimo	15.8392	14.8964	13.3879	14.7078

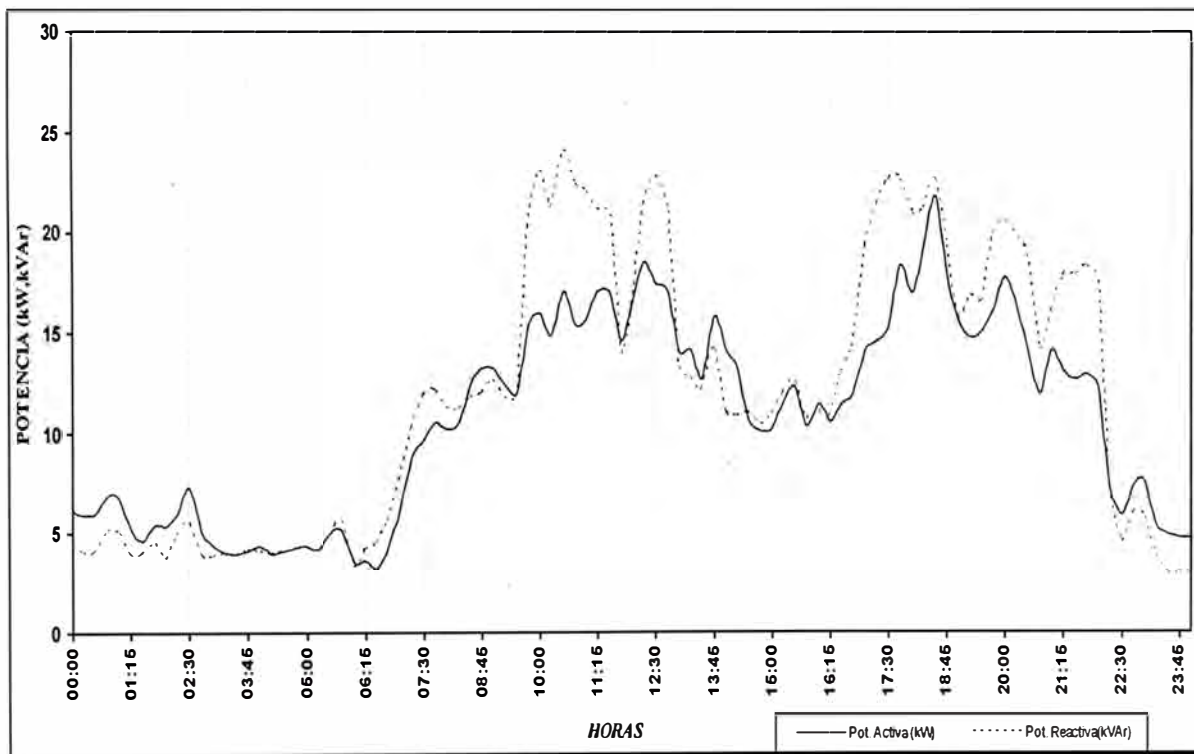


Fig. N.1 Potencia Activa y reactiva Vs Tiempo

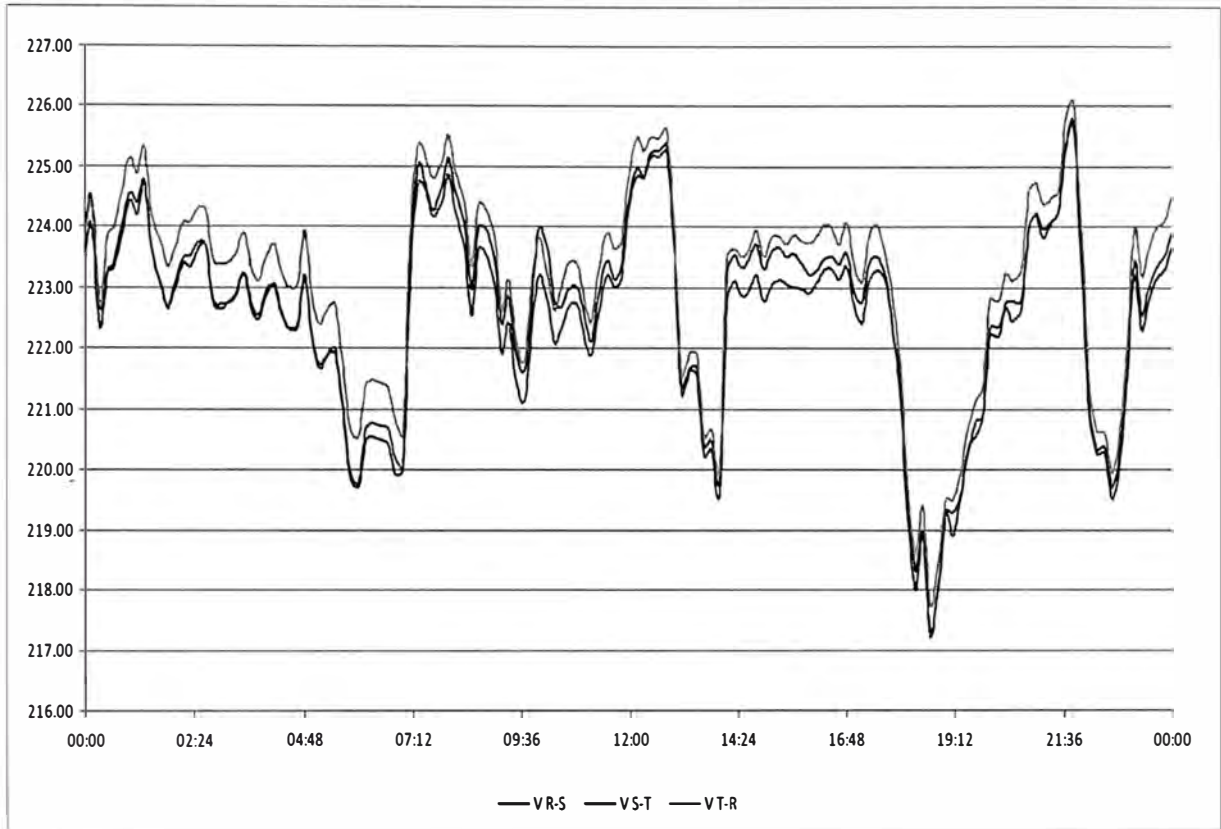


Fig. N.2 Tensión de las fases R, S y T Vs Tiempo

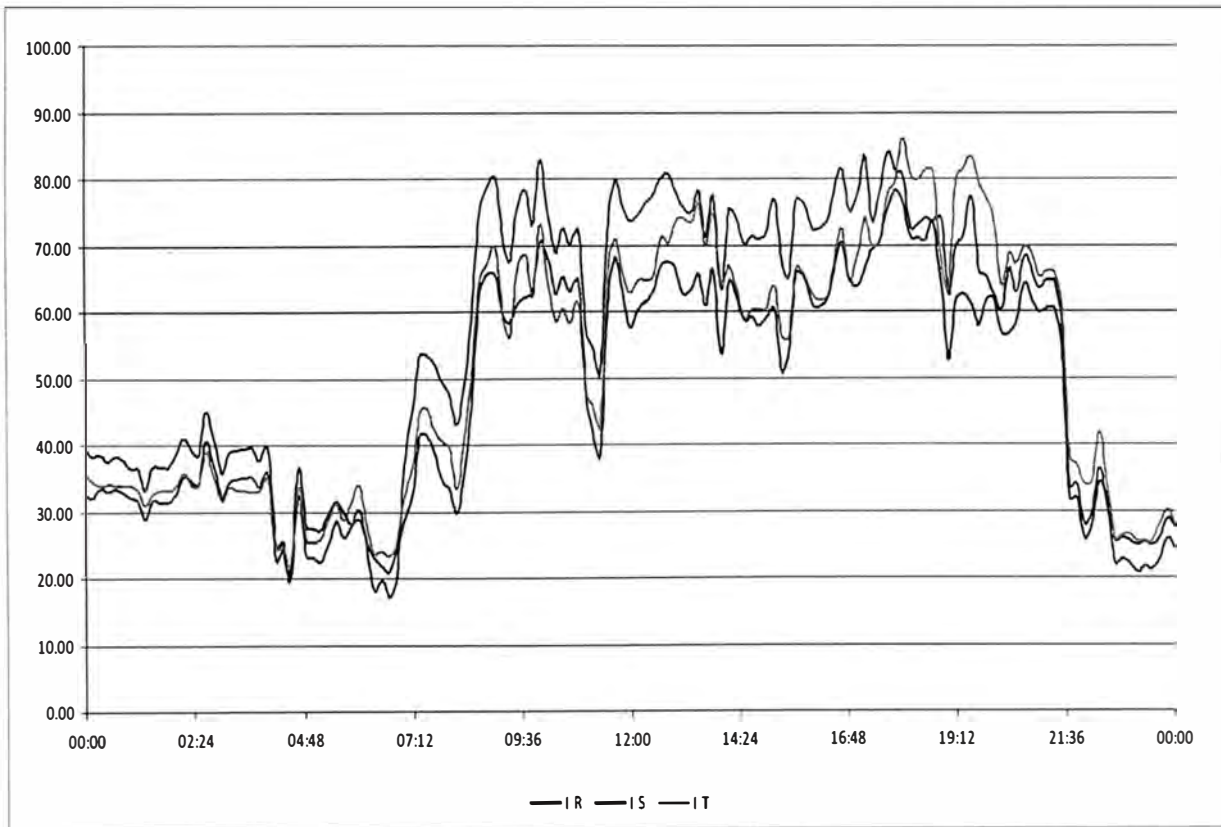


Fig. N.3 Corriente de las fases R, S y T Vs Tiempo

ANEXO O
TABLAS RESUMEN

El Anexo O corresponde a las tablas resumen de las potencias registradas en cada uno de los suministros de las tres plantas ASSA1, ASSA2 y TSR

Tabla N° O.1 Resumen de potencias registradas ASSA1

SUMINISTRO	POTENCIA INSTALADA (KVA)	Potencia		Potencia Registrada				Potencia (kW)
		Facturada (kW)		(kW)				
		HFP	HFP	460V	400V	380V	220V	
390011	2120	1352.00	1348.00	1114.96	-----	-----	41.02	1155.98
494719	-----	23.30	21.70	-----	-----	-----	21.84	21.84
1343674	-----	199.00	197.40	196.70	-----	-----	-----	196.70
1411220	-----	30.72	30.48	-----	-----	-----	-----	0.00
Acumulado	-----	1605.02	1597.58	1311.66	0.00	0.00	62.86	1374.52

Tabla N° O.2 Resumen de potencias registradas ASSA2

SUMINISTRO	POTENCIA INSTALADA (KVA)	Potencia		Potencia Registrada				Potencia (kW)
		Facturada (kW)		(kW)				
		HFP	HFP	460V	400V	380V	220V	
414144	4380	1984.00	1980.00	1016.96	754.60	275.66	101.78	2149.00

Tabla N° O.3 Resumen de potencias registradas TSR

SUMINISTRO	POTENCIA INSTALADA (KVA)	Potencia		Potencia Registrada				Potencia (kW)
		Facturada (kW)		(kW)				
		HFP	HFP	460V	400V	380V	220V	
527837	1340	664.00	660.00	604.11	105.42	-----	-----	709.52
564282	-----	238.05	194.40	-----	-----	-----	168.09	168.09
598983	-----	91.00	88.20	-----	66.78	-----	-----	66.78
836802	-----	107.46	82.32	64.54	-----	-----	-----	64.54
Acumulado	-----	1100.51	1024.92	774.06	66.78	0.00	168.09	1008.93

ANEXO P
REGISTROS HISTORICOS

En el anexo P se muestra las tablas resumen del registro histórico de cada uno de las plantas industriales

Tabla N° P.1 Tabla de potencias y energías TSR

MES	POTENCIA (kW)				ENERGÍA ACTIVA (kWh)		
	FP	HP	PD	PG	FP	HP	TOTAL
feb-09	971.68	967.92	1013.77	989.68	337490.50	83523.00	421,013.50
mar-09	959.96	922.45	1012.94	959.96	269152.00	66808.50	335,960.50
abr-09	905.01	852.43	1018.87	906.03	282117.00	68514.00	350,631.00
may-09	973.37	942.70	1025.24	973.37	317232.50	75090.00	392,322.50
jun-09	957.19	953.63	1015.86	957.19	399028.50	95136.50	494,165.00
jul-09	1004.82	934.61	1045.28	1004.82	347872.00	83143.50	431,015.50
ago-09	879.00	810.21	1029.93	879.00	274462.00	65417.50	339,879.50
sep-09	892.83	831.73	1074.73	892.83	313002.50	76598.00	389,600.50
oct-09	920.86	865.34	1086.22	920.86	330660.00	78131.50	408,791.50
nov-09	866.76	817.98	1071.84	866.76	309496.00	73906.50	383,402.50
dic-09	916.62	843.93	1013.87	916.62	304586.50	69499.50	374,086.00
ene-10	977.48	920.38	1028.54	989.48	261111.00	60832.50	321,943.50
feb-10	979.26	940.94	1043.48	979.26	371375.50	89522.00	460,897.50
mar-10	1019.59	960.31	1043.09	1019.59	342600.50	83040.00	425,640.50
abr-10	1035.82	1001.01	1056.79	1043.56	363870.00	84694.50	448,564.50
may-10	1037.61	966.65	1063.69	1039.31	343889.50	86890.50	430,780.00
PROMEDIO MENSUAL	956.12	908.26	1040.26	958.65	322,996.63	77,546.75	400,543.38
MAXIMO MENSUAL	1037.61	1001.01	1086.22	1043.56	-----	-----	-----

Tabla N° P.2 Tabla de Energía reactiva Consumida y Facturada TSR

MES	ENERGIA REACTIVA (kVarh)		FdP
	CONSUMIDA	FACTURADA	
feb	78561.50	0.00	0.983032
mar	60094.00	0.00	0.984376
abr	75557.50	0.00	0.977561
may	86274.50	0.00	0.976664
jun	116730.50	0.00	0.973216
jul	93532.50	0.00	0.977255
ago	67760.50	0.00	0.980700
sep	80355.50	0.00	0.979386
oct	96442.00	0.00	0.973281
nov	85796.50	0.00	0.975865
dic	89883.50	0.00	0.972327
ene	75741.00	0.00	0.973424
feb	97400.00	0.00	0.978392
mar	97578.50	0.00	0.974714
abr	97950.50	0.00	0.976979
may	96840.00	0.00	0.975651
PROMEDIO MENSUAL	87281.16	0.00	0.977

Tabla N° P.3 Tabla de Energía reactiva por suministros

SUMINISTRO	564282	836802	598983	527837	TSR
MES	ENERGÍA REACTIVA (kVARh)	ENERGÍA REACTIVA (kVARh)	ENERGÍA REACTIVA (kVARh)	ENERGÍA REACTIVA (kVARh)	ENERGÍA REACTIVA (kVARh)
	Total	Total	Total	Total	Total
feb	381.73	0.00	883.72	0.00	1,265.45
mar	291.53	0.00	674.14	0.00	965.67
abr	380.47	0.00	883.72	0.00	1,264.20
may	302.08	0.00	711.35	0.00	1,013.42
jun	431.21	0.00	933.32	0.00	1,364.52
jul	98.95	0.00	1,136.49	0.00	1,235.44
ago	98.44	0.00	786.12	0.00	884.55
sep	110.89	131.65	797.77	0.00	1,040.31
oct	161.52	208.87	999.96	0.00	1,370.35
nov	121.06	202.31	933.32	0.00	1,256.69
dic	75.33	176.84	999.96	0.00	1,252.12
ene	65.46	176.60	882.41	0.00	1,124.47
feb	87.47	168.36	970.31	0.00	1,226.14
mar	165.57	187.75	550.44	0.00	903.76
abr	111.41	184.45	670.11	0.00	965.97
may	128.01	159.44	611.52	0.00	898.97
Promedio Mensual	188.20	177.36	839.04	0.00	1,127.002
Anual	2258.35	2128.35	10068.48	0.00	13,524.02

Tabla N° P.4 Tabla de Potencia y energía Planta ASSA1

MES	POTENCIA (kW)				ENERGÍA ACTIVA (kWh)			FdP
	FP	HP	PD	PG	FP	HP	TOTAL	
feb	847.70	831.70	919.65	847.70	392001.00	89854.00	481,855.00	0.978919
mar	913.40	867.60	921.95	914.00	371752.00	14834.00	386,586.00	0.984053
abr	920.80	896.90	929.65	928.90	436134.00	89449.00	525,583.00	0.989071
may	1693.50	1673.30	1693.00	1693.70	785413.00	165988.00	951,401.00	0.987960
jun	1665.30	1600.10	1697.70	1665.70	858257.00	188727.00	1,046,984.00	0.988669
jul	1617.50	1592.90	1698.70	1621.70	781713.00	168133.00	949,846.00	0.988906
ago	1521.10	1473.90	1699.50	1521.10	692162.00	143277.00	835,439.00	0.989298
sep	1448.90	1418.20	1700.10	1448.90	699639.00	163099.00	862,738.00	0.989941
oct	1442.20	1421.10	1686.40	1442.70	650956.00	139375.00	790,331.00	0.990463
nov	1405.50	1370.00	1648.40	1405.50	653515.00	139775.00	793,290.00	0.992318
dic	1379.60	1384.50	1586.10	1395.60	595308.00	123505.00	718,813.00	0.992143
ene	1470.52	1483.12	1568.35	1484.12	619648.60	127923.60	747,572.20	0.988971
feb	1549.35	1514.48	1557.89	1549.45	748823.60	167043.20	915,866.80	0.988035
mar	1586.42	1559.50	1571.84	1586.42	750193.40	163922.60	914,116.00	0.987572
abr	1568.18	1518.64	1578.44	1568.38	753520.80	160504.80	914,025.60	0.986608
may	1527.82	1523.92	1595.64	1529.42	719125.00	152052.40	871,177.40	0.987918
PROMEDIO MENSUAL	1528.91	1502.59	1637.08	1531.75	716021.11	154101.97	870123.08	0.989
MAXIMO MENSUAL	1693.50	1673.30	1700.10	1693.70	-----	-----	-----	-----

Donde:

- EAHFP : Energía Activa en horas fuera de punta
- EAHP : Energía Activa en horas punta
- ER : Energía Reactiva
- EA TOTAL : Energía Activa Total
- DEM HP : Demanda en horas punta
- DEM HFP : Demanda en horas fuera de punta
- PD : Potencia de Distribución

PG

: Potencia de Generación

Tabla N° P.5 Tabla de energía reactiva registrada ASSA1

	1343674	494719	1411220	390011	ASSA 1
MES	ENERGÍA REACTIVA (kVARh)	ENERGÍA REACTIVA (kVARh)	ENERGÍA REACTIVA (kVARh)	ENERGÍA REACTIVA (kVARh)	ENERGÍA REACTIVA (kVARh)
	Total	Total	Total	Total	Total
feb	0.00	302.05	-----	-----	302.05
mar	0.00	238.18	-----	-----	238.18
abr	0.00	331.87	-----	-----	331.87
may	0.00	280.65	-----	-----	280.65
jun	0.00	362.32	-----	-----	362.32
jul	0.00	393.38	-----	-----	393.38
ago	0.00	291.82	-----	-----	291.82
sep	0.00	312.96	-----	-----	312.96
oct	0.00	337.71	-----	-----	337.71
nov	0.00	308.73	-----	-----	308.73
dic	0.00	304.60	-----	-----	304.60
ene	0.00	245.59	132.69	0.00	378.28
feb	0.00	235.26	186.08	0.00	421.33
mar	0.00	229.09	175.60	0.00	404.68
abr	0.00	220.69	181.47	0.00	402.15
may	0.00	265.67	167.89	0.00	433.56
Promedio Mensual	0.00	239.26	168.75	0.00	344.017
Anual	0.00	2871.08	2024.95	0.00	4,128.20

Tabla N° P.6 Tabla de costos de energía reactiva planta TSR

MES	ENERGÍA REACTIVA (kVARh)	
	P. Unit.	Total
feb	0.040	1,265.45
mar	0.041	965.67
abr	0.040	1,264.20
may	0.039	1,013.42
jun	0.039	1,364.52
jul	0.038	1,235.44
ago	0.038	884.55
sep	0.038	1,040.31
oct	0.037	1,370.35
nov	0.037	1,256.69
dic	0.037	1,252.12
ene	0.036	1,124.47
feb	0.036	1,226.14
mar	0.036	903.76
abr	0.036	965.97
may	0.036	898.97
Promedio Mensual	0.038	1,127.002
anual	-----	13,524.02

Tabla N° P.7 Tabla de costos de energía reactiva planta ASSAI

MES	ENERGÍA REACTIVA (kVARh)	
	P. Unit.	Total
ene	0.036	378.28
feb	0.036	421.33
mar	0.036	404.68
abr	0.036	402.15
may	0.036	433.56
Promedio Mensual	0.038	344.017
anual		4128.20

Tabla N° P.8 Tabla de potencia total por fluorescentes de 40W

N°	Luminaria	Fluorescentes de 40W
5	1X40W	5
640	2X40W	1280
131	3x40W	393
23	4X40W	92
3	6X40W	18
-----	-----	1788

ANEXO Q
OPCIONES TARIFARIAS

En el anexo Q se muestra las tablas donde se establece el ahorro por el paso de una tarifa BT\$ a MT3HP y MT3HFP

Tabla N° Q.1 Comparación entre tarifas BT4, MT3HP y MT3HFP para suministro N° 564282

SUMINISTRO N° 564282					
MES	BT4	MT3 HP	AHORRO MT3 HP Vs BT4	MT3 HFP	AHORRO MT3 HFP Vs BT4
sep-09	34,344.91	23,684.53	10,660.38	21,034.44	13,310.47
oct-09	33,624.96	23,015.01	10,609.96	20,743.31	12,881.66
nov-09	31,790.45	21,486.05	10,304.40	19,947.26	11,843.18
dic-09	30,421.25	21,948.88	8,472.37	20,435.83	9,985.41
ene-10	28,029.94	19,341.32	8,688.62	18,022.72	10,007.22
feb-10	30,637.39	22,619.30	8,018.09	20,968.51	9,668.88
mar-10	30,015.14	22,661.73	7,353.40	20,587.43	9,427.71
abr-10	30,878.33	23,671.36	7,206.97	21,296.48	9,581.84
may-10	30,326.21	22,411.87	7,914.34	20,259.68	10,066.53
Promedio Mensual	-----	-----	8,803.17	-----	10,752.54
anual	-----	-----	105,638.03	-----	-----

Tabla N° Q.2 Comparación entre tarifas BT4, MT3HP y MT3HFP para suministro N° 836802

SUMINISTRO N° 836802					
MES	BT4	MT3 HP	AHORRO MT3 HP Vs BT4	MT3 HFP	AHORRO MT3 HFP Vs BT4
sep-09	7,251.93	5,160.34	2,091.59	4,518.11	2,733.82
oct-09	7,743.52	5,580.18	2,163.34	4,575.46	3,168.06
nov-09	8,924.48	6,507.00	2,417.48	5,343.20	3,581.28
dic-09	8,947.36	6,365.80	2,581.56	5,334.06	3,613.31
ene-10	8,205.04	6,265.24	1,939.80	5,097.59	3,107.46
feb-10	10,922.23	8,458.46	2,463.77	7,399.38	3,522.85
mar-10	10,414.74	7,728.47	2,686.27	6,975.25	3,439.49
abr-10	10,121.84	7,424.06	2,697.79	6,608.07	3,513.77
may-10	9,336.83	6,574.62	2,762.21	5,748.57	3,588.26
Promedio Mensual	-----	-----	2,422.65	-----	3,363.14
anual	-----	-----	29,071.74	-----	-----

Tabla N° Q.3 Comparación entre tarifas BT4, MT3HP y MT3HFP para suministro N° 598983

SUMINISTRO N° 598983					
MES	BT4	MT3 HP	AHORRO MT3 HP Vs BT4	MT3 HFP	AHORRO MT3 HFP Vs BT4
sep-09	11,553.92	8,115.30	3,438.61	7,297.23	4,256.69
oct-09	13,577.37	9,962.06	3,615.31	9,097.16	4,480.21
nov-09	13,210.53	8,964.12	4,246.41	8,140.28	5,070.26
dic-09	13,577.29	9,899.54	3,677.75	9,042.91	4,534.38
ene-10	11,679.94	8,020.42	3,659.53	7,200.96	4,478.98
feb-10	12,632.26	8,865.55	3,766.71	7,863.38	4,768.88
mar-10	11,569.25	8,582.38	2,986.86	7,741.58	3,827.66
abr-10	12,190.26	8,609.37	3,580.89	7,600.00	4,590.27
may-10	11,798.39	9,092.67	2,705.71	8,470.55	3,327.84
Promedio Mensual	12,421.02	8,901.27	3,519.75	8,050.45	4,370.57
anual	-----	-----	42,237.05	-----	-----

Tabla N° Q.4 Comparación entre tarifas BT4, MT3HP y MT3HFP para suministro N° 494719

SUMINISTRO N° 494719					
MES	BT4	MT3 HP	AHORRO MT3 HP Vs BT4	MT3 HFP	AHORRO MT3 HFP Vs BT4
ene-10	2,979.09	2,135.38	843.71	1,970.34	1,008.74
feb-10	2,963.41	2,211.95	751.46	2,053.21	910.20
mar-10	2,845.45	2,147.54	697.91	1,926.12	919.33
abr-10	3,002.36	2,298.91	703.45	2,025.01	977.34
may-10	3,177.39	2,419.06	758.33	2,169.93	1,007.46
Promedio Mensual	-----	-----	750.97	-----	964.61
anual	-----	-----	9,011.67	-----	-----

Tabla N° Q.5 Comparación entre tarifas BT4, MT3HP y MT3HFP para suministro N° 598983

SUMINISTRO N° 598983					
MES	BT4	MT3 HP	AHORRO MT3 HP Vs BT4	MT3 HFP	AHORRO MT3 HFP Vs BT4
ene-10	4,299.75	3,191.47	1,108.28	2,861.09	1,438.66
feb-10	5,268.15	4,204.41	1,063.74	3,856.20	1,411.95
mar-10	5,037.92	3,941.03	1,096.89	3,511.81	1,526.11
abr-10	4,893.70	3,873.70	1,020.00	3,452.89	1,440.80
may-10	4,960.10	3,755.27	1,204.83	3,423.32	1,536.78
Promedio Mensual	4,891.92	3,793.17	1,098.75	3,421.06	1,470.86
anual	-----	-----	13,184.99	-----	-----

Tabla N° Q.6 Comparación entre tarifas BT4, MT3HP y MT3HFP para suministro N° 1343674

SUMINISTRO N° 1343674					
MES	BT4	MT3 HP	AHORRO MT3 HP Vs BT4	MT3 HFP	AHORRO MT3 HFP Vs BT4
ene-10	26,384.14	19,467.55	6,916.58	17,863.42	8,520.71
feb-10	33,518.87	26,903.89	6,614.99	24,793.68	8,725.20
mar-10	32,507.83	25,682.55	6,825.27	23,550.22	8,957.60
abr-10	31,436.02	24,599.03	6,836.99	22,404.89	9,031.13
may-10	24,440.06	17,204.17	7,235.89	16,288.21	8,151.85
Promedio Mensual	-----	-----	6,885.95	-----	8,677.30
anual	-----	-----	82,631.34	-----	-----