

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y
AMBIENTAL**

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA Y DIAGNÓSTICO DE LA
DEMANDA ELÉCTRICA DE LAS OFICINAS PRINCIPALES DE CÁLIDDA
DE SAN BORJA.”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

MEGO TORRES, FRANCISCO LEONARDO

**Villa El Salvador
2015**

DEDICATORIA

Se lo dedico en primer lugar a Dios, por ser mi fuente de inspiración; a mi asesor Ing. Martín Gonzales, que ya no está entre nosotros pero ha dejado un legado muy grande en la universidad y es un ejemplo para muchos.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme todo lo que tengo, gracias por hacerme tan feliz, darme la familia más maravillosa de este mundo y por poner en mi camino a todas esas personas que me rodean a diario.

A mis padres, por ser fuente de apoyo constante e incondicional, en especial quiero expresar mi más grande agradecimiento a mi padre que sin su ayuda hubiera sido imposible culminar mi profesión, sé que ambos hicieron un gran esfuerzo para llevarme hasta donde estoy.

A mi esposa e hija, porque hoy hemos alcanzado una victoria más y los tres somos uno y mis logros son los suyos.

A mis hermanos por no perder la confianza en mí, este logro también es por ustedes.

Con mucho cariño a mi alma mater, la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, por la gran oportunidad que me ha brindado de ser profesional.

A mi asesor Ing. Martín Gonzales, por su apoyo constante en la realización de este proyecto y sobre todo a lo largo de mi vida universitaria. ¡Que Dios lo tenga en su Gloria!

ÍNDICE

CAPÍTULO I	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	9
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTAGACIÓN	9
1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	9
<u>1.3.1. ESPACIAL</u>	<u>9</u>
<u>1.3.2. TEMPORAL.....</u>	<u>9</u>
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	10
<u>1.4.1. Problema principal.....</u>	<u>10</u>
<u>1.4.2. Problemas específicos.....</u>	<u>10</u>
1.5. OBJETIVOS	10
<u>1.5.1. Objetivo principal</u>	<u>10</u>
<u>1.5.2. Objetivos específicos</u>	<u>10</u>
CAPÍTULO II	11
MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	11
2.2. BASES TEÓRICAS.....	12
<u>2.2.1. Calidad de Energía Eléctrica</u>	<u>12</u>
<u>2.2.2. Importancia de la calidad de la energía</u>	<u>13</u>
<u>2.2.3. Tipos de cargas en los sistemas eléctricos.....</u>	<u>13</u>
<u>2.2.4. El factor de potencia</u>	<u>14</u>
<u>2.2.5. Perturbaciones en la red eléctrica</u>	<u>16</u>
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	23
<u>2.3.1. Analizador de redes (Metrel)</u>	<u>23</u>
<u>2.3.2. Tipos de analizadores de redes</u>	<u>24</u>
<u>2.3.3. Proceso de instalación de analizador de redes</u>	<u>25</u>
<u>2.3.4. Norma de calidad de energía eléctrica UNE-EN 50160.....</u>	<u>26</u>
CAPÍTULO III	27
3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	27
3.2. APLICACIÓN DEL CASO	31
<u>3.2.1. Medición en Tableros Generales</u>	<u>31</u>
<u>3.2.2. Medición en tableros de distribución</u>	<u>36</u>

_3.2.3. Cálculos justificativos.....	44
3.3. COSTOS DEL PROYECTO.....	46
3.4. RESULTADOS OBTENIDOS	47
_3.4.1. Resultados en diagnóstico de máxima demanda.....	47
_3.4.2. Resultados en análisis de calidad de energía	51
_3.4.3. Cuadro comparativo (antes y después) del estudio.....	54
CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA.....	59
ANEXOS.....	62

LISTA DE FIGURAS

N°	DESCRIPCIÓN	PÁG.
Fig. 2.1	Pirámide de calidad de energía	12
Fig. 2.2	Ejemplo de corriente no lineal.	14
Fig. 2.3	Diagrama de potencia eléctrica	14
Fig. 2.4	Transitorio impulsivo positivo	17
Fig. 2.5	Transitorio oscilatorio	18
Fig. 2.6	Interrupción momentánea	19
Fig. 2.7	Bajada de tensión	19
Fig. 2.8	Aumento de tensión	20
Fig. 2.9	Fluctuaciones de la tensión	22
Fig. 2.10	Variaciones de la frecuencia	22
Fig. 2.11	Analizador Metrel	23
Fig. 2.12	Analizador Fluke	24
Fig. 2.13	Analizador Circutor	24
Fig. 2.14	Proceso de instalación de analizador de redes	25
Fig. 3.1	Celda de transformación de edificio Cálidda	27
Fig. 3.2	Tablero general en barra normal	28
Fig. 3.3	Tablero general en barra de emergencia	28
Fig. 3.4	Grupo electrógeno (GE-03) 800kW	29
Fig. 3.5	Tableros de distribución (del piso 3 al 9)	29
Fig. 3.6	Modo de conexión de analizador de redes	30
Fig. 3.7	Desarrollo de perfil de carga	30
Fig. 3.8	Tensión y corriente en TNBT-T2	31
Fig. 3.9	Consumo de potencias en TNBT-T2	32
Fig. 3.10	Nivel de distorsión armónica en TNBT-T2	32
Fig. 3.11	Variación de frecuencia y FP en TNBT-T2	33
Fig. 3.12	Perfil de carga en TNBT-T2	33
Fig. 3.13	Tensión y corriente en TTA-6	34
Fig. 3.14	Consumo de potencias en TTA-6	34
Fig. 3.15	Nivel de distorsión armónica en TTA-6	35
Fig. 3.16	Variación de frecuencia y FP en TTA-6	35
Fig. 3.17	Perfil de carga en TTA-6	36
Fig. 3.18	Perfil de carga en TNT2-03	37

Fig. 3.19	Perfil de carga en TET2-03.	37
Fig. 3.20	Perfil de carga en TNT2-04	38
Fig. 3.21	Perfil de carga en TET2-04	38
Fig. 3.22	Perfil de carga en TNT2-05	39
Fig. 3.23	Perfil de carga en TET2-05	39
Fig. 3.24	Perfil de carga en TNT2-06	40
Fig. 3.25	Perfil de carga en TET2-06	40
Fig. 3.26	Perfil de carga en TNT2-07	41
Fig. 3.27	Perfil de carga en TET2-07	41
Fig. 3.28	Perfil de carga en TNT2-08	42
Fig. 3.29	Perfil de carga en TET2-08	42
Fig. 3.30	Perfil de carga en TNT2-09	43
Fig. 3.31	Perfil de carga en TET2-09	43
Fig. 3.32	Perfil de carga en TCH-T2	44
Fig. 3.33	Datos de placa de grupo electrógeno de Cálidda	45
Fig. 3.34	Ficha técnica de Modasa Modelo MC-800	45
Fig. 3.35	Detalle de capacidad de ducto barra de emergencia	46
Fig. 3.36	Resultado de medición de máxima demanda	48

LISTA DE TABLAS

N°	DESCRIPCIÓN	PÁG.
Tabla 1	Tipos de perturbaciones.	16
Tabla 2	Gastos del proyecto	47
Tabla 3	Resultados de medición en ducto barra normal.	48
Tabla 4	Resultados de medición en ducto barra de emergencia.	49
Tabla 5	Consumo proyectado de aire acondicionado.	50
Tabla 6	Demanda de climatización para traslado.	50
Tabla 7	Consumo total de demanda actual más la proyección de traslado.	50
Tabla 8	Umbral de caída y subida de tensión.	51
Tabla 9	Resultados finales según la EN 50160.	54
Tabla 10	Antes y después del estudio realizado.	54

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad conocer los criterios que se tienen que tener en cuenta a la hora de trasladar cargas que se encuentran alimentadas por la barra normal a la barra de emergencia.

Conocer el tema de la demanda eléctrica en una empresa es indispensable, ya que constantemente la carga tiende a crecer y/o surgen necesidades de conocer los distintos perfiles de carga, ya sea por temas tarifarios (factor de calificación) o sencillamente para conocer la disponibilidad de la subestación eléctrica.

La investigación también abarca el tema del análisis de calidad de energía, si bien es cierto no existe hasta el momento una definición completamente aceptada del término calidad del suministro eléctrico o calidad de la energía eléctrica, siendo el estándar internacional más empleado:

- El estándar IEEE 1159-1995 define la calidad de la energía eléctrica como “una gran variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y la corriente en un instante dado y en un punto determinado de la red eléctrica” [1].

En general, la calidad de energía eléctrica se relaciona con las distintas perturbaciones o disturbios que pueden afectar los valores típicos de frecuencia, corriente o voltaje de la señal suministrada, idealmente esta señal debería ser una senoidal pura, sin embargo en la realidad esto no siempre sucede.

Es por ello la necesidad de conocer tanto los problemas que existen en relación al suministro de energía eléctrica que nos llega y los productos que existen en el mercado, los que en definitiva deben entregar soluciones y garantizar el perfecto funcionamiento y protección de los equipos eléctricos que poseemos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Cálidda Gas Natural del Perú, en adelante Cálidda; tiene problemas de contingencia para alimentar cargas del sistema de climatización en temporada de verano, debido a que esta conexión no tiene suministro de respaldo ante un corte de energía eléctrica, por lo cual se desea un diagnóstico de la demanda eléctrica e identificar las condiciones de calidad de energía.

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTAGACIÓN

Esta investigación se lleva a cabo debido a que se tiene serios problemas de climatización por falta de energía eléctrica en temporadas de verano, por lo que se desarrollará la factibilidad de operación del sistema eléctrico en condición de emergencia, para lo cual se realizó las mediciones de demanda eléctrica actual en el edificio de las oficinas principales de Cálidda.

1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación se describe las delimitaciones de la investigación:

1.3.1. ESPACIAL

La medición de demanda y calidad de energía eléctrica, se desarrollará en las oficinas principales de Cálidda ubicado en Calle Morelli Cdra. 1 S/n C.C. La Rambla (Torre 2) – San Borja, Lima.

El estudio abarca desde el piso 3 hasta el piso 9 y azotea donde se ubica el equipo de enfriamiento (chiller).

1.3.2. TEMPORAL

El desarrollo de las mediciones y análisis de resultados tendrá una duración desde el mes de noviembre de 2014 hasta enero de 2015.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1. Problema principal

¿Cuál es la factibilidad de migrar cargas de climatización que se encuentran alimentadas por la barra normal hacia la barra de emergencia?

1.4.2. Problemas específicos

¿Cuán buena es la calidad de energía eléctrica en las barras principales que alimentan las oficinas de Cálidda?

¿Cuál es el consumo del sistema de aire acondicionado que climatiza las oficinas del edificio?

¿Cuál es la mejor alternativa de traslado de las cargas de climatización a la barra de emergencia asegurando que los circuitos no queden sobrecargados?

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo principal

Determinar la factibilidad de migrar cargas de climatización que se encuentran alimentadas por la barra normal hacia la barra de emergencia

1.5.2. Objetivos específicos

Analizar la calidad de energía en las barras principales que alimentan las oficinas de Cálidda.

Establecer cuál es el consumo del sistema de aire acondicionado que climatiza las oficinas del edificio

Determinar cuál es la mejor alternativa de traslado de las cargas de climatización a la barra de emergencia asegurando que los circuitos no queden sobrecargados

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo se realizó en coordinación con el área de Servicios Generales de la empresa Cálidda; la misma que inicio sus actividades en diciembre del año 2000, cuando el Estado Peruano firmó con Transportadora de Gas del Perú – TGP el contrato BOOP para la distribución de red de ductos de gas natural en el departamento de Lima y la provincia constitucional de Calló; para el 2012 se constituye Gas Natural de Lima y Callao S.A. y ese mismo año se construye la red principal del sistema de distribución [2].

Para la realización del presente trabajo se tomó como referencia la siguiente tesis:

“CALIDAD DE ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS” Nelson Grande Turcios / Roberto Guevara Ayala. En el cual resalta la necesidad de analizar la calidad de energía, el cual permite tomar medidas que reduzcan el consumo energético.

Así mismo comprueba que la energía suministrada por la distribuidora local cumpla con los parámetros mínimos aceptables [3].

Actualmente en el Perú se cuenta con la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE) aprobada en octubre de 1997, en la que se establecen las disposiciones que fijan los estándares mínimos de calidad que garanticen a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y oportuno. La Norma también establece que los usuarios finales de la energía eléctrica están obligados a cumplir ciertos requerimientos mínimos que aseguren un buen empleo de la energía eléctrica y que no ocasionen perturbaciones en las redes eléctricas [4].

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Calidad de Energía Eléctrica

El término "calidad de energía eléctrica" se emplea para describir la variación de la tensión, corriente y frecuencia en el sistema eléctrico, estas variaciones son ocasionadas por disturbios en el sistema eléctrico [5].

También se dice que es la ausencia de interrupciones, sobre tensiones y deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje RMS suministrado al usuario; esto referido a la estabilidad del voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. Asimismo se ha determinado que uno de los problemas más comunes que ocasiona el desperdicio de energía eléctrica en las empresas es la calidad de esta, pues influye en la eficiencia de los equipos eléctricos que la usan [6].

La **IEEE 1100 – 1992** e **IEEE 1159 – 1995**, definen calidad de energía como: “el concepto de energizar y aterrizar el equipo sensible de una manera adecuada para la operación del equipo” [7].

Como se observa en la figura N° 2.1, la base de la calidad energética se ubica en la puesta a tierra.

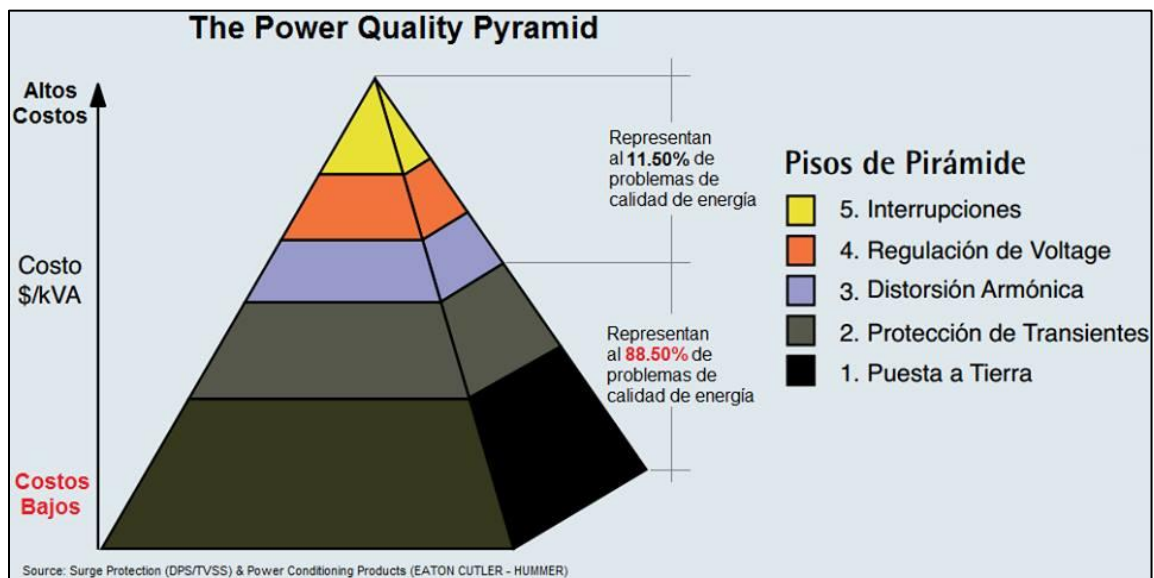


Fig. N° 2.1, Pirámide de calidad de energía [8].

2.2.2. Importancia de la calidad de la energía

El crecimiento en la fabricación y en la utilización de dispositivos electrónicos sensibles en las industrias, así como el aumento de cargas no lineales en las mismas, ha traído consigo una serie de nuevos retos tanto para las empresas proveedoras de servicios eléctricos como para los consumidores finales de la energía eléctrica [8].

Estos retos, entendidos como una gama de problemas que afectan el funcionamiento del equipo eléctrico instalado en el cliente final de una empresa eléctrica, se resumen en un solo término: la calidad de energía. Este tema se ha convertido en toda un área de estudio dentro de la ingeniería eléctrica [9].

2.2.3. Tipos de cargas en los sistemas eléctricos

✓ Carga Crítica

Es aquella que al dejar de funcionar o al funcionar de forma inapropiada pone en peligro la seguridad del personal, o bien, ocasiona grandes perjuicios económicos. Por ejemplo, un paro no programado en un molino de laminación es muy costoso, mientras que la pérdida de un centro de información en un banco o el mal funcionamiento de los sistemas de diagnóstico en un hospital puede ser catastrófica [10].

✓ Carga Lineal

Carga eléctrica que al operar en estado estacionario presenta esencialmente impedancia constante a la fuente de potencia a través del ciclo de voltaje aplicado. Una carga puramente lineal tiene sólo la componente fundamental de la corriente (sinusoide pura a frecuencia de potencia) [10].

✓ Carga No Lineal

Carga eléctrica que extrae corriente de forma discontinua o cuya impedancia varía durante cada ciclo de la forma de onda de voltaje de entrada de CA [10].

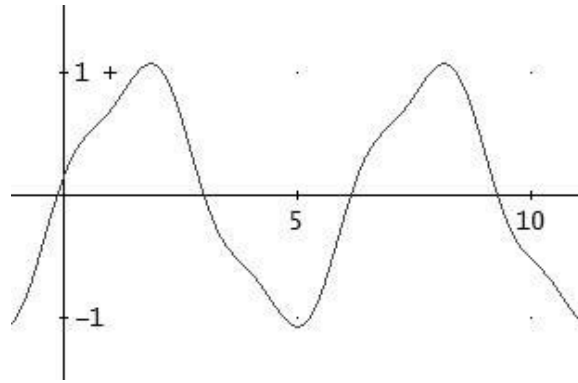


Fig. N° 2.2, Ejemplo de corriente no lineal [10].

✓ Carga Sensible

Es aquella que requiere de un suministro de alta calidad, esto es, libre de disturbios. El equipo electrónico es más susceptible a los disturbios que el equipo electromecánico tradicional [10].

2.2.4. El factor de potencia

El problema común que se presenta en las instalaciones eléctricas es el llamado bajo factor de potencia, este problema está relacionado con la calidad del suministro de la energía eléctrica, por los conceptos de las variaciones de voltaje y las pérdidas en las instalaciones, su fundamento se encuentra en los conceptos básicos de los circuitos de corriente alterna, con referencia específica a la figura N° de las potencias activa (P), reactiva (Q) y aparente (S) [11].

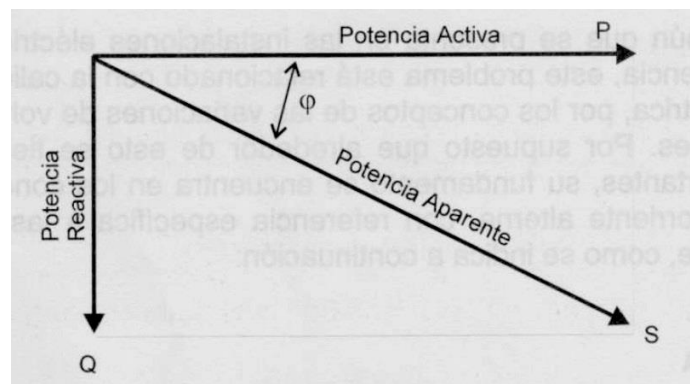


Fig. N° 2.3, Diagrama de potencia eléctrica [11].

El ángulo entre las potencias activa y aparente es denotado por la letra φ .

Tenemos que:

$$\text{Potencia activa} = \text{Potencia aparente} \times \text{Cos}\varphi$$

$$P = S\text{Cos}\varphi$$

El valor del $\text{Cos}\varphi$ es llamado factor de potencia.

Problemas con un factor de potencia bajo

Es considerable la influencia que tiene el factor de potencia sobre el valor de la corriente demandada en el sistema, la misma que si aumenta la corriente ocasionará muchas desventajas para el usuario industrial, las cuales pueden situarse en cuatro categorías [11]:

- Aumentan las pérdidas por efecto Joule, las cuales son una función del cuadrado de la corriente, por ejemplo:
 - ✓ Los cables entre el medidor y el usuario.
 - ✓ Los bobinados de los transformadores de distribución.
 - ✓ Dispositivos de operación y protección.
- Un aumento de la caída de voltaje, resultando en un insuficiente suministro de potencia a las cargas (motores, lámparas, etc.); estas cargas sufren una reducción de su potencia de salida.

Esta caída de voltaje afecta a:

- ✓ Los bobinados de los transformadores de distribución.
- ✓ Los cables de alimentación.
- ✓ Sistemas de protección y control.
- Las instalaciones no pueden ser utilizadas a toda su capacidad.
- Esas desventajas también afectan al productor y al distribuidor de energía eléctrica.

2.2.5. Perturbaciones en la red eléctrica

Una caída de tensión es por definición una deficiencia en la tensión nominal de alimentación. Dependiendo la norma es que se establece el porcentaje y duración a partir de los cuales se considera un fenómeno sag, swell o interrupción (outages). En la tabla N° 1 se muestran los tipos de problemas que existen en el suministro eléctrico según la norma IEEE 1159-1995 las cuales han sido organizadas en siete categorías, según la forma de onda [12].

Categorías	Contenido Espectral Típico	Duración Típica	Magnitud Típica del Voltaje
1. Transitorios 1.1 Impulsivos 1.1.1 Nanosegundos 1.1.2 Microsegundos 1.1.3 Milisegundos 1.2 Oscilatorios 1.2.1 Baja Frecuencia 1.2.2 Frecuencia Media 1.2.3 Alta Frecuencia	5 ns elevación 1 μ s elevación 0.1 ms elevación < 5 kHz 5 - 500 kHz 0.5 - 5 MHz	< 50 ns 50 ns - 1 ms > 1 ms 0.3 - 50 ms 20 μ s 5 μ s	0 - 4 pu 0 - 8 pu 0 - 4 pu
2. Variaciones de Corta Duración 2.1 Instantáneas 2.1.1 Interrupción, microcorte 2.1.2 Depresión, hueco, sag, dip 2.1.3 Elevación, swell 2.2 Momentáneas 2.2.1 Interrupción, microcorte 2.2.2 Depresión, hueco, sag, dip 2.2.3 Elevación, swell 2.3 Temporales 2.3.1 Interrupción, microcorte 2.3.2 Depresión, hueco, sag, dip 2.3.3 Elevación, swell		0.5 - 30 ciclos 0.5 - 30 ciclos 0.5 - 30 ciclos 0.5 ciclos - 3 s 30 ciclos - 3 s 30 ciclos - 3 s 3 s - 1 min 3 s - 1 min 3 s - 1 min	< 0.1 pu 0.1 - 0.9 pu 1.1 - 1.8 pu < 0.1 pu 0.1 - 0.9 pu 1.1 - 1.4 pu < 0.1 pu 0.1 - 0.9 pu 1.1 - 1.2 pu
3. Variaciones de Larga Duración 3.1 Interrupción sostenida 3.2 Bajo Voltaje 3.3 Sobre Voltaje		> 1 min > 1 min > 1 min	0.0 pu 0.8 - 0.9 pu 1.1 - 1.2 pu
4. Desbalance de Voltaje		estado estable	0.5 - 2%
5. Distorsión de Forma de Onda 5.1 Componente de CD 5.2 Armónicas 5.3 Inter-Armónicas 5.4 Recortamiento, notching 5.5 Ruido	0 - 100 th H 0 - 6 kHz banda ancha	estado estable estado estable estado estable estado estable estado estable	0 - 0.1% 0 - 20% 0 - 2% 0 - 1%
6. Fluctuaciones de voltaje	< 25 Hz	intermitente	0.1 - 7%
7. Variaciones de frecuencia		< 10 s	

Tabla N° 1, Tipos de perturbaciones [13].

✓ Transitorios

Estas se presentan en forma de impulsos de voltaje de corta duración, superpuestas en la señal de alimentación y frecuentemente intermitentes, con una duración menor a dos milisegundos. Los impulsos pueden tener su origen en las descargas atmosféricas, en maniobra de interruptores y al conectar y desconectar capacitores para la corrección del factor de potencia. Estos constituyen los llamados “picos” de voltaje [11].

Los transitorios, que son potencialmente el tipo de perturbación energética más perjudicial, se dividen en dos subcategorías [14]:

a) Impulsivos

Los transitorios impulsivos son eventos repentinos de cresta alta que elevan la tensión y/o los niveles de corriente en dirección positiva o negativa. Los transitorios impulsivos pueden ser eventos muy rápidos (5 nanosegundos [ns] de tiempo de ascenso desde estado estable hasta la cresta del impulso) de una duración breve (menos de 50 ns).

Nota: [1000 ns = 1 μ s] [1000 μ s = 1 ms] [1000 ms = 1 segundo]

Un ejemplo de un transitorio impulsivo positivo causado por un evento de descarga electrostática (EDS) se ilustra en la figura 2.4.

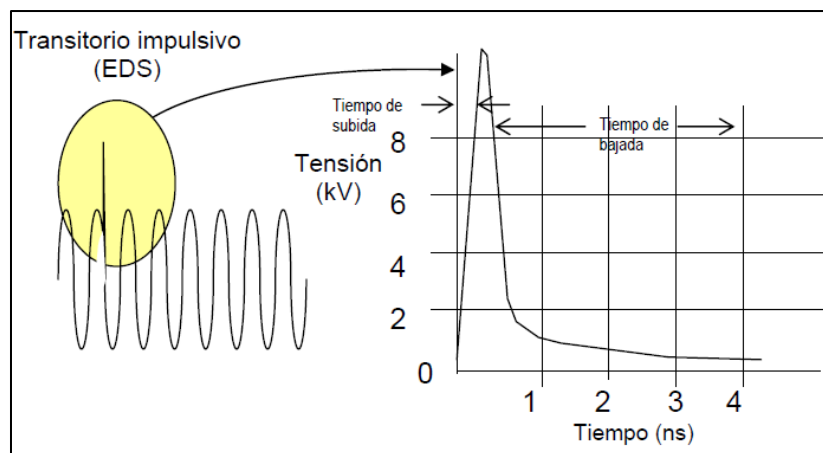


Fig. N° 2.4, Transitorio impulsivo positivo [14].

b) Oscilatorio

Un transitorio oscilatorio es un cambio repentino en la condición de estado estable de la tensión o la corriente de una señal, o de ambas, tanto en los límites positivo como negativo de la señal, que oscila a la frecuencia natural del sistema. En términos simples, el transitorio hace que la señal de suministro produzca un aumento de tensión y luego una bajada de tensión en forma alternada y muy rápida. Los transitorios oscilatorios suelen bajar a cero dentro de un ciclo (oscilación descendente).

La figura N° 2.5 ilustra un transitorio oscilatorio típico de baja frecuencia atribuible a la energización de los bancos de capacitores.

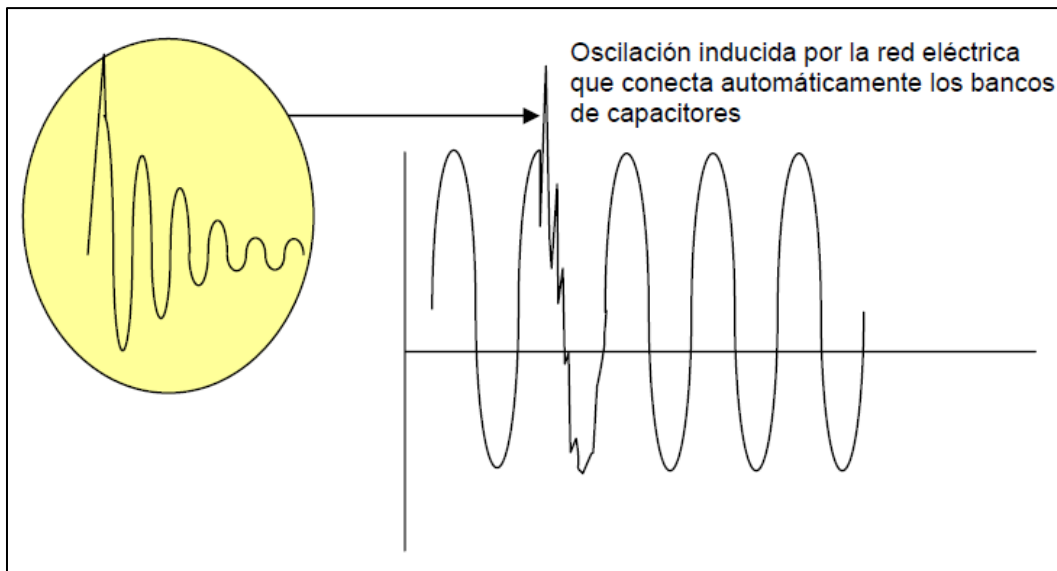


Fig. N° 2.5, Transitorio oscilatorio [14].

✓ Interrupciones

Una interrupción, como se aprecia en la figura N° 2.6, se define como la pérdida total de tensión o corriente, una interrupción se clasifica como instantánea, momentánea, temporal o sostenida. El rango de duración para los tipos de interrupción es el siguiente [14]:

Instantánea: 0.5 a 30 ciclos.

Momentánea: 30 ciclos a 2 segundos.

Temporal: 2 segundos a 2 minutos.

Sostenida: mayor a 2 minutos.

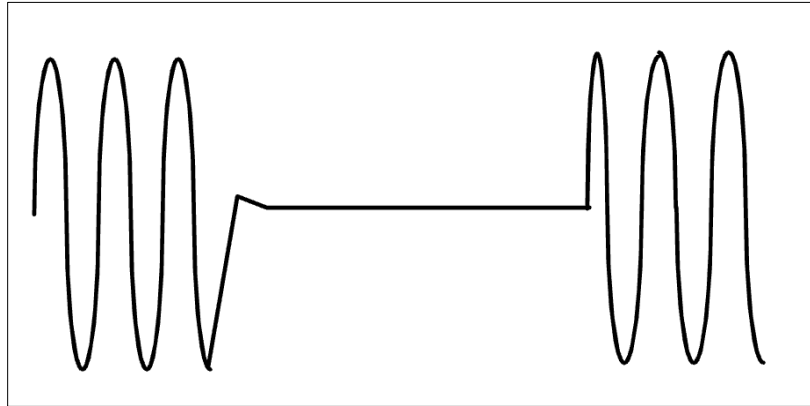


Fig. N° 2.6, Interrupción momentánea [14].

✓ **Bajada de tensión**

Una baja tensión, como se aprecia en la figura N° 2.7, es una reducción de la tensión de CA a una frecuencia dada con una duración de 0.5 ciclos a 1 minuto. Las bajadas de tensión suelen ser provocadas por fallas del sistema, y frecuentemente también son el resultado de encender cargas con altas demandas de corrientes de arranque.

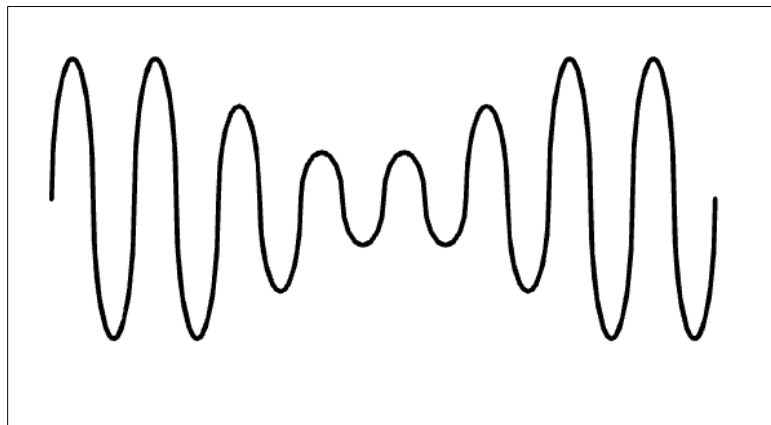


Fig. N° 2.7, Bajada de tensión [14].

✓ **Aumento de tensión**

Una oleada de tensión, como se aprecia en la figura N° 2.8, es la forma inversa de una bajada de tensión, y tiene un aumento en la tensión de CA con una duración de 0.5 ciclos a 1 minuto. En el caso de los aumentos de tensión, son causas comunes las conexiones neutras de alta impedancia, las reducciones repentinas de carga (especialmente de cargas grandes) y una falla monofásica sobre un sistema trifásico.

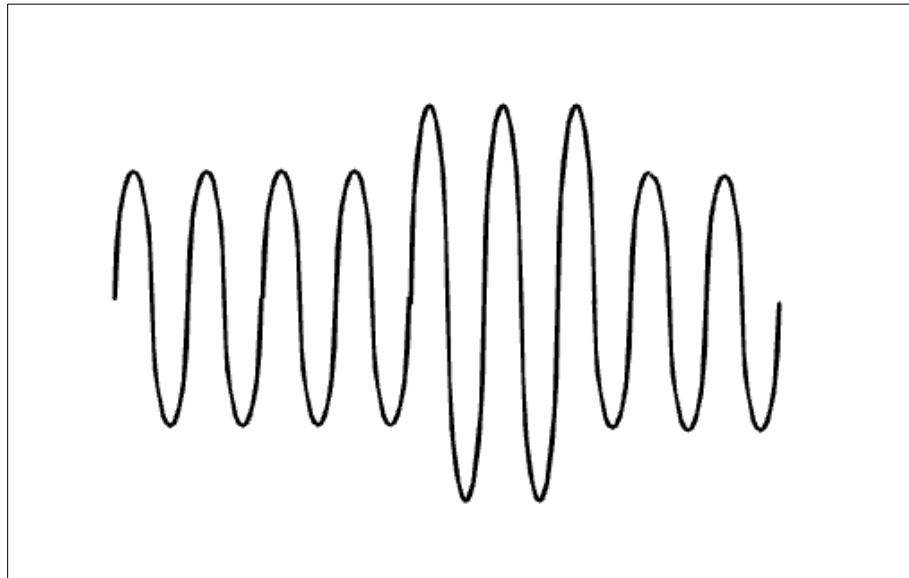


Fig. N° 2.8, Aumento de tensión [14].

✓ **Distorsión de la forma de onda**

Existen cinco tipos principales de distorsión de la forma de onda [14]:

a) Desplazamiento por CC

La corriente continua (CC) puede inducirse a un sistema de distribución de CA, frecuentemente de la falla de rectificadores dentro de las diversas tecnologías de conversión CA a CC que han proliferado en los equipos modernos. La CC puede transponer el sistema de suministro de CA y agregar corrientes indeseadas a dispositivos que ya están funcionando a su nivel nominal.

b) Armónicas

La distorsión armónica es la corrupción de la onda senoidal fundamental a frecuencias que son múltiplos de la fundamental (por ejemplo, 180 Hz es la tercera armónica de una frecuencia fundamental de 60 Hz; $3 \times 60 = 180$).

c) Interarmónica

La distorsión interarmónica es un tipo de distorsión de forma de onda que suele ser el resultado de una señal sobrepuesta en la señal de tensión por equipos eléctricos como convertidores de frecuencia estáticos, motores de inducción y dispositivos de generación de arco.

d) Corte intermitente

El corte intermitente es una perturbación periódica de la tensión causada por dispositivos electrónicos, como controles de velocidad variable, atenuadores de luz y soldadores de arco.

e) Ruido

El ruido es una tensión indeseada o corriente sobrepuesta en la tensión del sistema de energía eléctrica o forma de onda de la corriente, el ruido puede ser generado por dispositivos electrónicos alimentados eléctricamente.

✓ Fluctuaciones de tensión

Una fluctuación de tensión, como se aprecia en la figura N° 2.9, es una variación sistemática de la forma de onda de tensión o una serie de cambios aleatorios de tensión, de pequeñas dimensiones, concretamente entre 95 y 105% del valor nominal a una frecuencia baja, en general por debajo de 25 Hz.

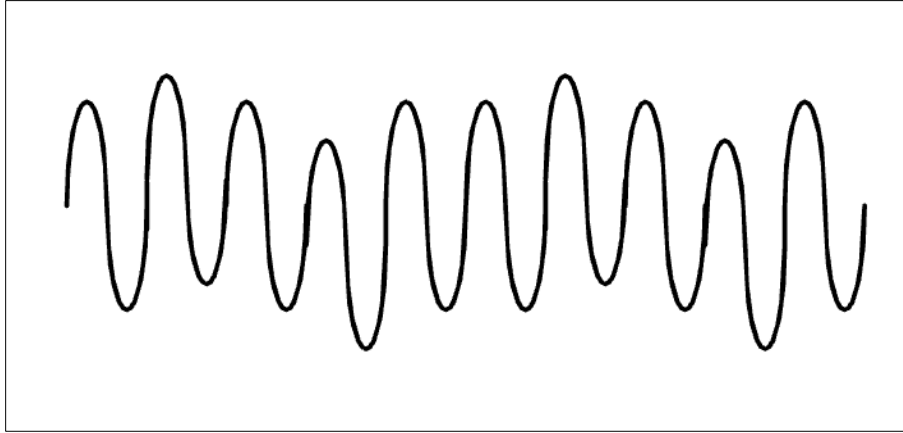


Fig. N° 2.9, Fluctuaciones de la tensión [14].

✓ **Variaciones de frecuencia**

La variación de frecuencia, como se aprecia en la figura N° 2.10, es muy poco común en sistemas estables de la red eléctrica, especialmente sistemas interconectados a través de una red.

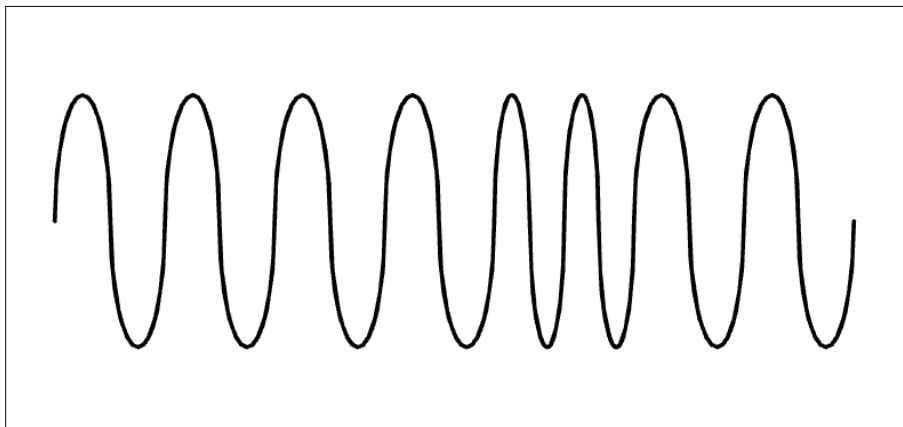


Fig. N° 2.10, Variaciones de la frecuencia [14].

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Analizador de redes (Metrel)

PowerQ4 es un instrumento multifunción portátil que mide directamente y calcula los diferentes parámetros eléctricos de una red, con la cual se realiza el análisis de la calidad de la energía y las mediciones de eficiencia energética, a continuación se detalla las partes del equipo [15].

- MARCA: METREL (Eslovenia).
- MODELOS: PowerQ4 y PowerQ4 Plus.
- Cumplimiento de la calidad de energía estándar IEC 61000-4-30 Clase A/S predefinidas perfil grabadora para EN 50160.

El detalle de cada parte y accesorios del analizador utilizado para el proyecto se encuentra en (anexo 6).

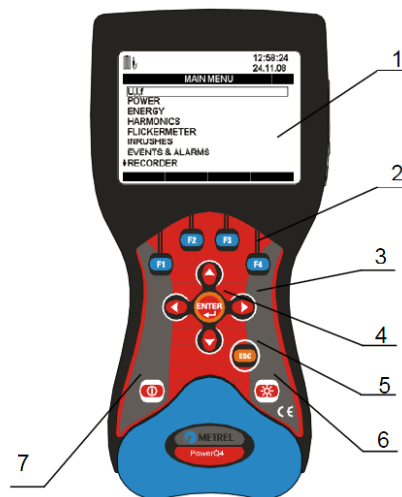


Fig. N° 2.11, Analizador Metrel [15].

✓ **Software PowerView**

Es una poderosa plataforma para la descarga, analiza el registro de datos y crea informes de las pruebas calidad de energía. El Software contiene un paquete de funcionalidades necesarias para la evaluación de la calidad de la energía profunda y compara los datos y creación de informes de pruebas complejas, trabaja en conjunto con METREL nueva generación de analizadores de calidad de energía [15].

2.3.2. Tipos de analizadores de redes

Existen otros tipos de analizadores de redes, como por ejemplo:

✓ **Fluke 433:**

Los analizadores trifásicos de calidad eléctrica 433 de Fluke ayudan a localizar, predecir, prevenir y solucionar problemas en sistemas de distribución eléctrica. Estas herramientas portátiles de fácil uso [16].



Fig. N° 2.12, Analizador Fluke 433 [16].

✓ **Circutor CIRe3:**

Es un registrador portátil de alta prestaciones orientado a la realización de auditorías energéticas. [17].



Fig. N° 2.13, Analizador Circutor CIRe3 [17].

2.3.3. Proceso de instalación de analizador de redes

A continuación se describe el diagrama de flujo para un típico trabajo de estudio de red, desde la asignación de la tarea hasta el retiro del equipo.

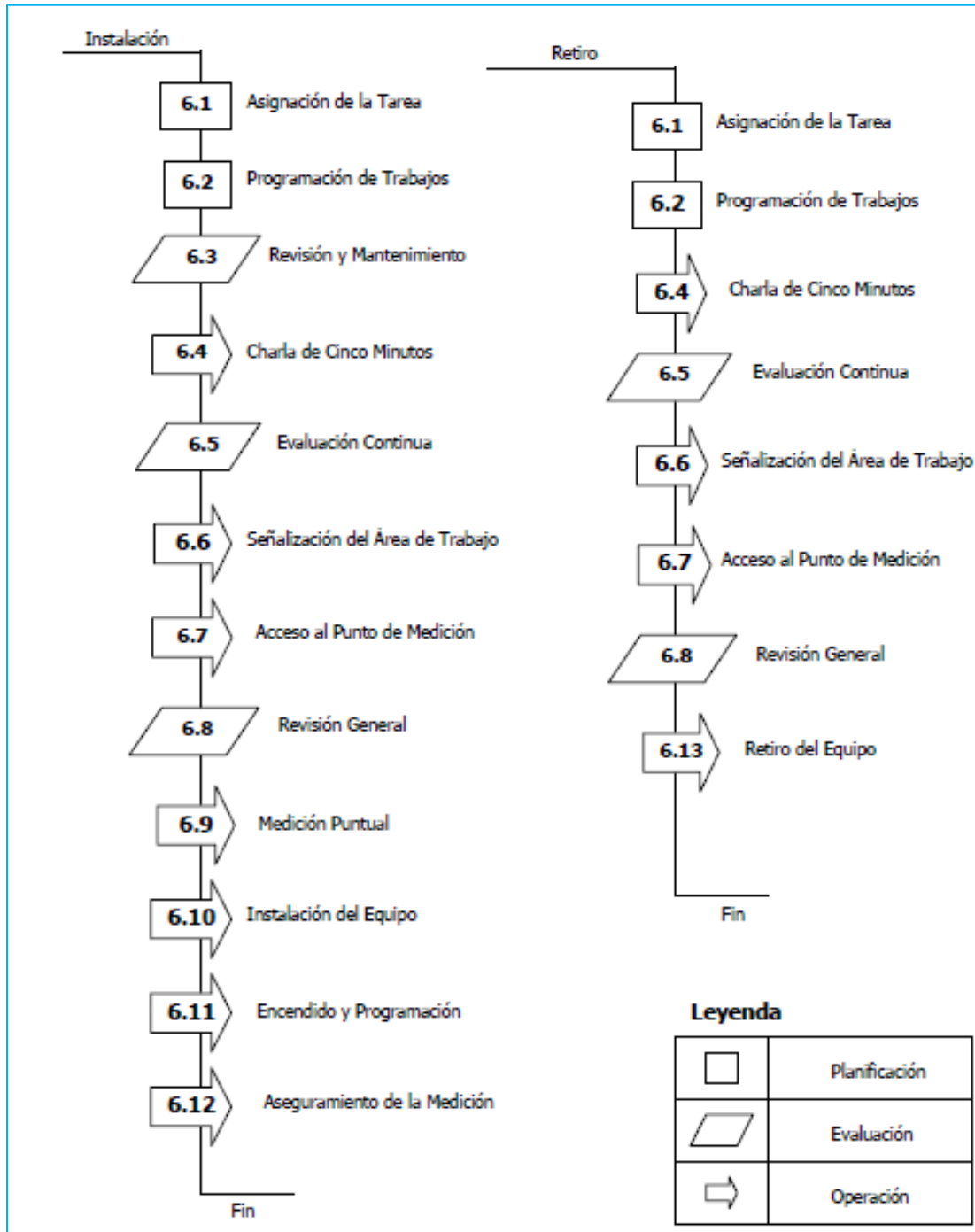


Fig. N° 2.14, Proceso de instalación de analizador de redes [18].

2.3.4. Norma de calidad de energía eléctrica UNE-EN 50160

Esta norma describe, en el punto de entrega al cliente, las características principales de la tensión suministrada por una red general de distribución en baja tensión y en media tensión en condiciones normales de explotación. Esta norma da los límites o los valores de las características de la tensión que todo cliente tiene derecho a esperar, y no da los valores típicos en la red general de distribución [19].

Esta norma no se aplica en las situaciones de explotación anormales, incluidas en los casos siguientes [19]:

- condiciones que siguen a una avería o condiciones provisionales de alimentación previstas para mantener el suministro a los clientes durante trabajos de mantenimiento o de construcción en la red, o para limitar la extensión y la duración de una interrupción de alimentación;
- no conformidad de la instalación o de los equipos del cliente a las normas aplicables o a los requisitos técnicos de conexión de cargas establecidos, bien por la administración o bien por el distribuidor de electricidad, que incluyen los límites de emisión de perturbaciones conducidas;
- no conformidad de los medios de producción a las normas aplicables o a las condiciones técnicas de conexión a la red eléctrica de distribución establecidas, bien por la administración o bien por el distribuidor de electricidad (autoproducidos);
- condiciones excepcionales, que no son dominadas por el distribuidor, tales como:
 - condiciones climáticas excepcionales y otras catástrofes naturales;
 - hechos provenientes de terceros;
 - decisiones gubernativas;
 - acciones de huelga (sujetas a obligaciones legales);
 - fuerza mayor;
 - interrupciones debidas a causas externas.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Para caracterizar los perfiles de carga y analizar la calidad de energía eléctrica, se desarrolló las mediciones en dos etapas, inicialmente en los circuitos troncales (tableros generales) que alimentan al edificio Cálidda (Torre 2) seguido de mediciones puntuales en cada tablero de distribución por piso del edificio (del piso 3 al 9 y azotea).

En la imagen N° 3.1, se aprecia el diagrama unifilar de la celda de transformación el cual cuenta con un transformador (T-7) de 1250kVA 22.9/0.38kV; el cual alimenta al tablero general de barra normal.

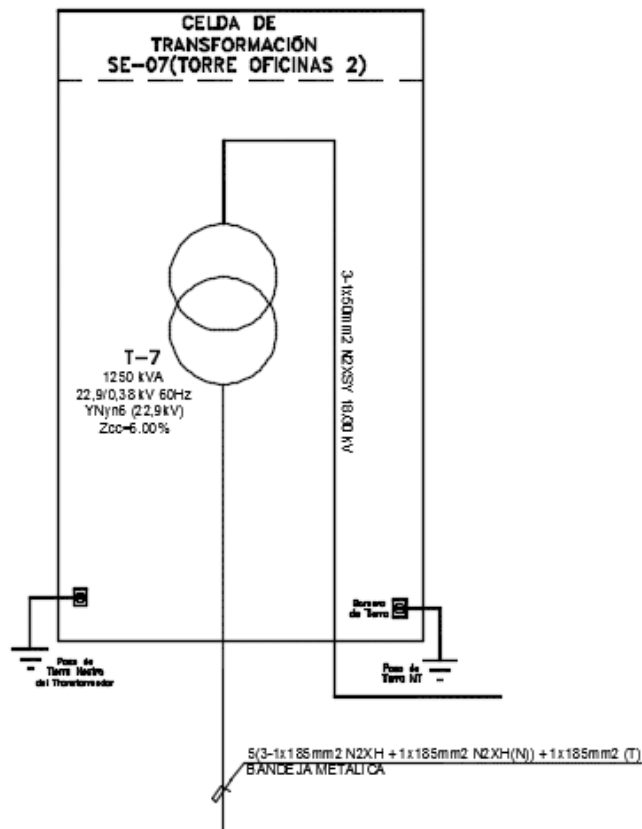


Fig. N° 3.1, Celda de transformación de edificio Cálidda.

(Información propia)

Las mediciones en la barra general normal fueron realizadas en el tablero (TNBT-T2), por un tiempo de siete días, como se aprecia en la Fig. N° 3.2 este tablero cuenta con un interruptor principal de 3x2000A.

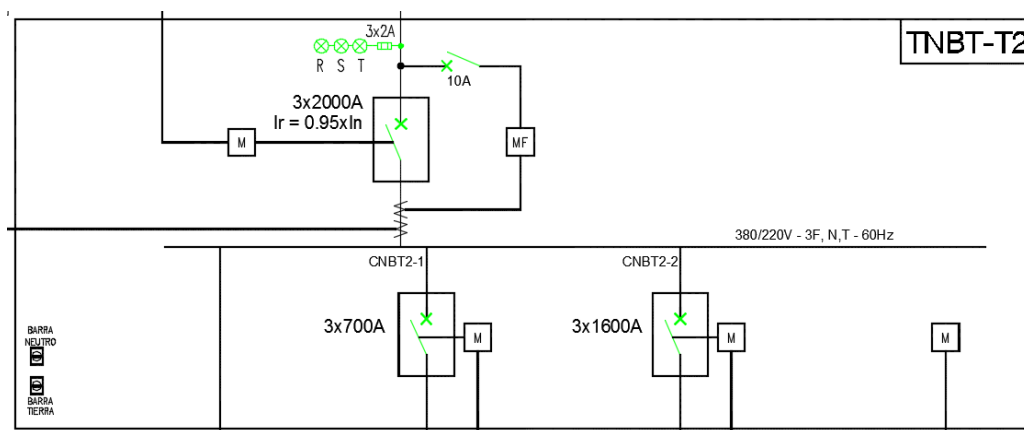


Fig. N° 3.2, Tablero general en barra normal.
(Información propia)

Las mediciones en la barra general de emergencia fueron realizadas por un tiempo de siete días en el tablero (TTA-6), como se aprecia en la Fig. 3.3 este tablero es el de transferencia automática, cuenta con interruptores de 3x700A.

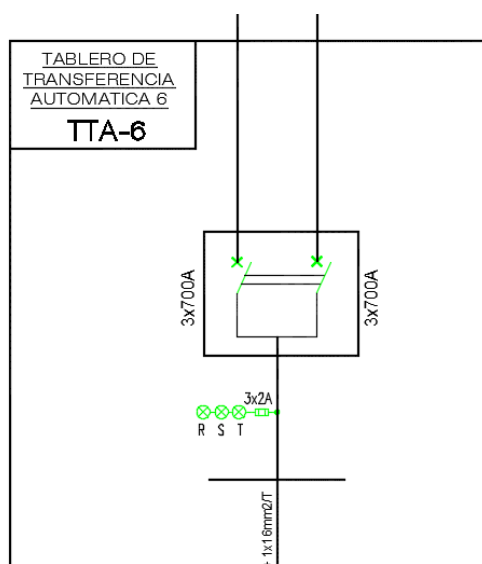


Fig. N° 3.3, Tablero general en barra de emergencia.
(Información propia)

En la Fig. 3.4, se aprecia el grupo electrógeno (GE-03) que está de respaldo ante un corte de tensión, alimentando al tablero general de emergencia (TTA-6).

Se dispone del 50% de la potencia nominal del grupo electrógeno, siendo 400kW la demanda máxima a utilizar por Cálidda.

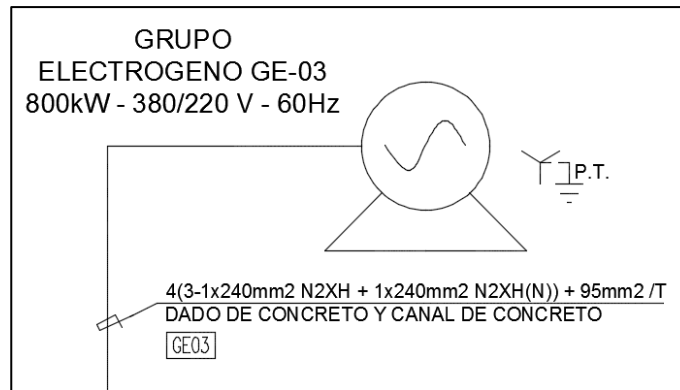


Fig. N° 3.4, Grupo electrógeno (GE-03) 800kW. (Información propia)

En la Fig. 3.5, se aprecia la distribución de los tableros por cada piso, tanto en barra normal y de emergencia desde el piso 3 al 9.

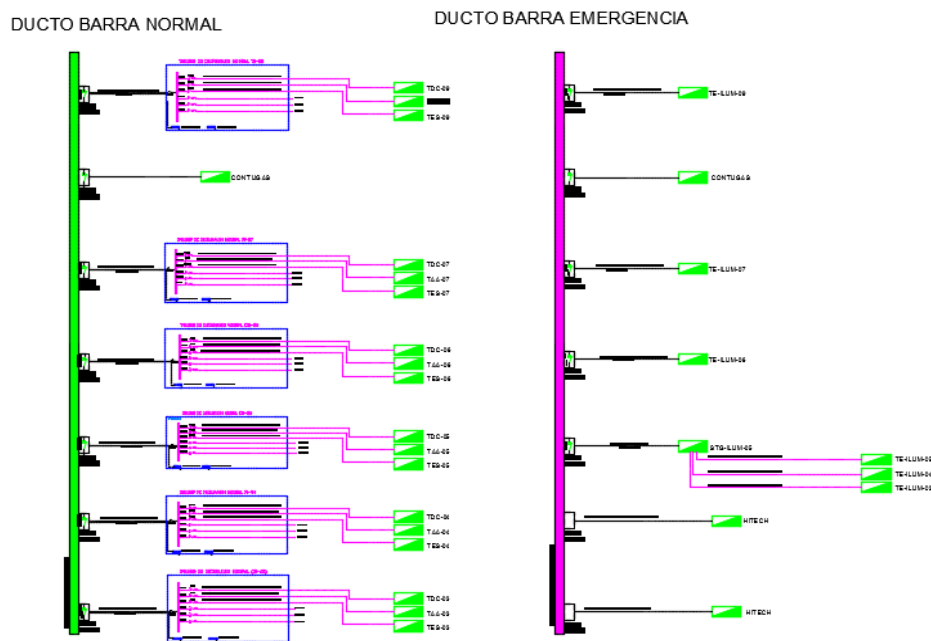


Fig. N° 3.5, Tableros de distribución (del piso 3 al 9). (Información propia)

En la Fig. 3.6 se aprecia el modo de conexión del analizador de redes (Metrel) en los tableros eléctricos, el procedimiento es el siguiente:

- Uso de EPP dieléctrico
- Instalación de punto a tierra y cocodrilos de tensión
- Instalación de pinzas de corriente (flex)
- Programación de analizador de redes
- Inicio de registro

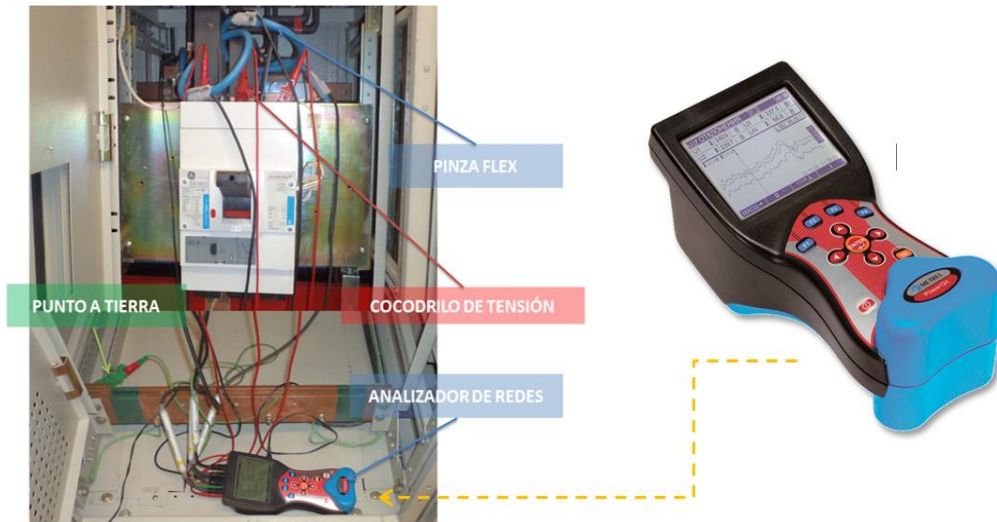


Fig. N° 3.6, Modo de instalación de analizador de redes. (Elaboración propia)

Para la medición de demanda, se hizo por medio de los perfiles de carga, para lo cual se tomó como referencia el día donde se encuentre la cresta de consumo, como se aprecia en la Fig. 3.7 se desarrolló el perfil de carga a partir de siete días de registro.

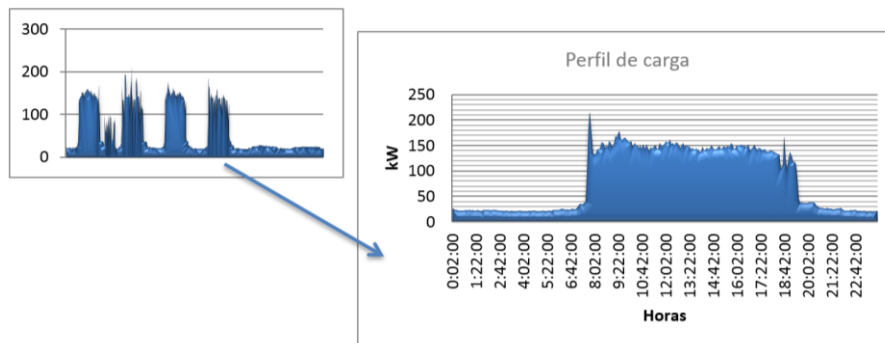


Fig. N° 3.7, Desarrollo del perfil de carga. (Elaboración propia)

3.2. APLICACIÓN DEL CASO

Se desarrolló las mediciones de demanda eléctrica de la siguiente manera:

- Tableros generales; se encuentran en la subestación eléctrica (07 días de registro)
- Tableros de distribución; existen dos tableros en cada piso, uno de barra normal y el otro de emergencia (03 días de registro)
- Tablero de chiller, se encuentra en la azotea del edificio (07 días de registro)

Se vio conveniente realizar las mediciones de calidad de energía sólo en los tableros generales de ambas barras (normal y emergencia), debido a que su distribución es por ducto barras hasta la azotea, por lo que el reflejo de los disturbios eléctricos son los mismos.

3.2.1. Medición en Tableros Generales

3.2.1.1. Tablero General Barra Normal (TNBT-T2)

En la Fig. N° 3.8, se presenta el comportamiento de la tensión y corriente durante la medición realizada.

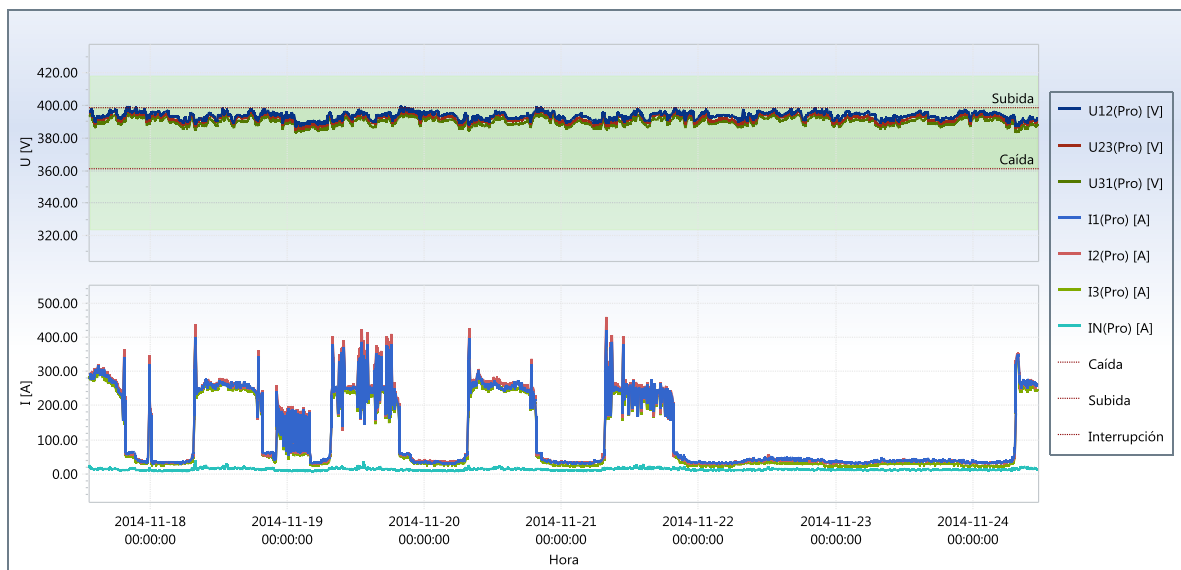


Fig. N° 3.8, Tensión y corriente en TNBT-T2. (Analizador Metrel)

En la Fig. N° 3.9, se presenta el consumo de potencia activa, reactiva y aparente, obteniendo los siguientes valores máximos: $P_{MÁX} = 235.50 \text{ kW}$; $Q_{MÁX} = 161.40 \text{ kVAr}$ y $S_{MÁX} = 285.60 \text{ kVA}$.

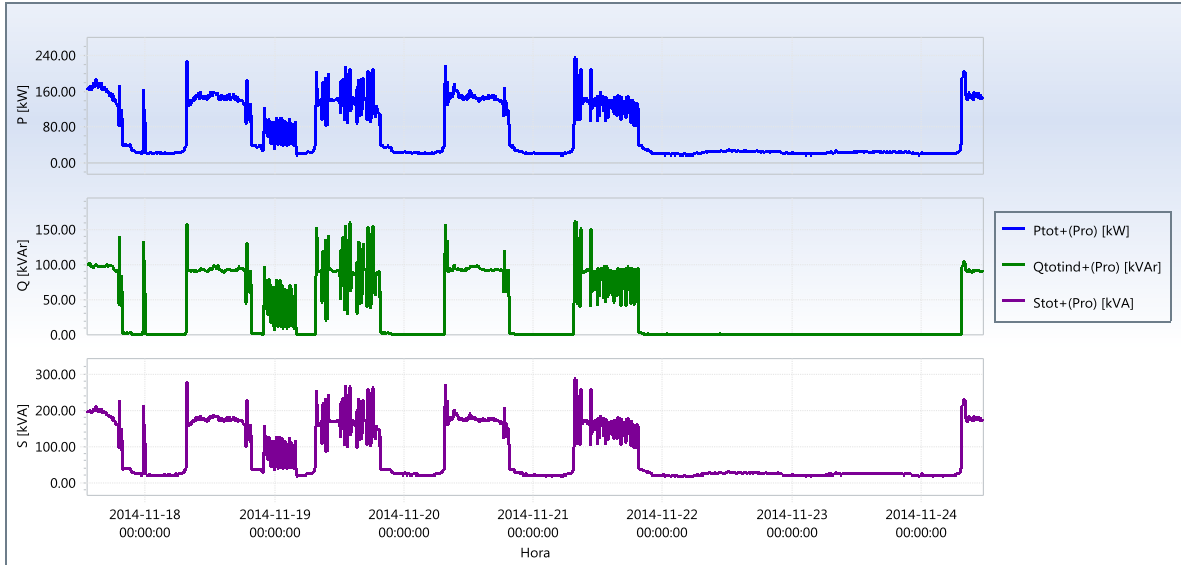


Fig. N° 3.9, Consumo de potencias en TNBT-T2. (Analizador Metrel)

En la Fig. N° 3.10, se presenta el nivel de distorsión armónica total de tensión y corriente (THDU y THDI).

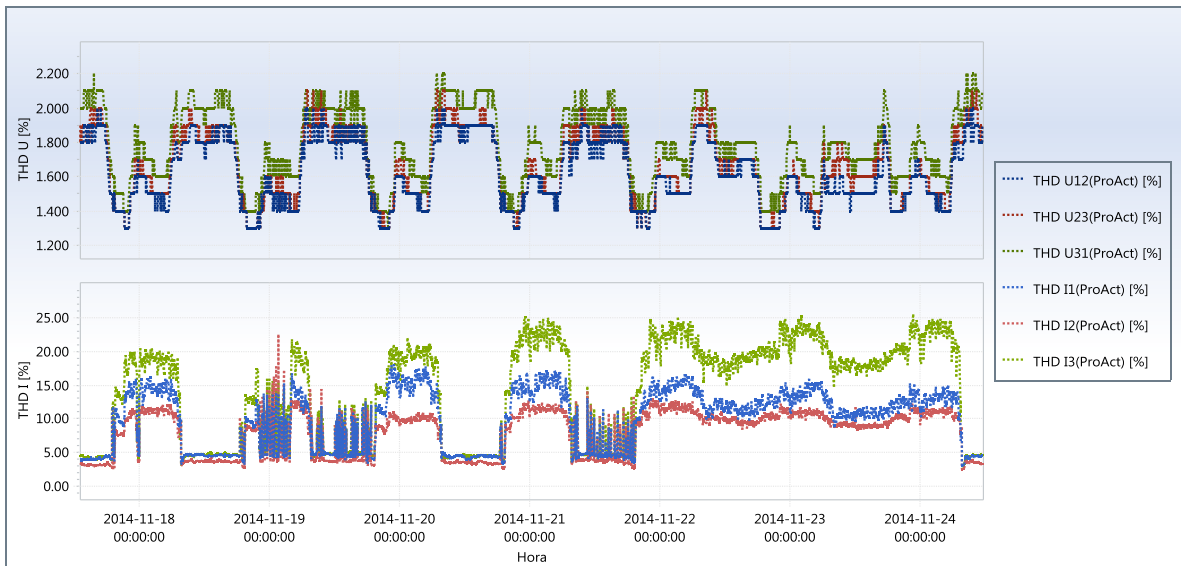


Fig. N° 3.10, Nivel de distorsión armónica en TNBT-T2. (Analizador Metrel)

En la Fig. N° 3.11, se presenta la variación de la frecuencia y el factor de potencia (FP) durante la medición realizada.



Fig. N° 3.11, Variación de frecuencia y FP en TNBT-T2. (Analizador Metrel)

En la Fig. N° 3.12, se presenta el perfil de carga del día de mayor demanda.

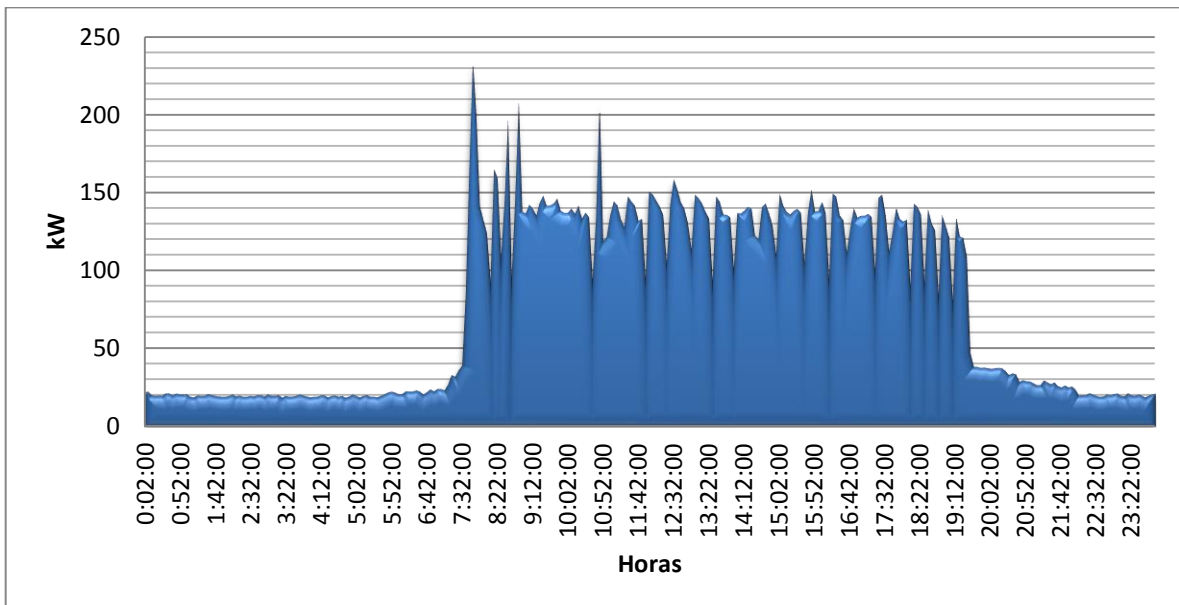


Fig. N° 3.12, Perfil de carga en TNBT-T2. (Elaboración propia)

3.2.1.2. Tablero General Barra de Emergencia (TTA-6)

En la Fig. N° 3.13, se presenta el comportamiento de la tensión y corriente durante la medición realizada.

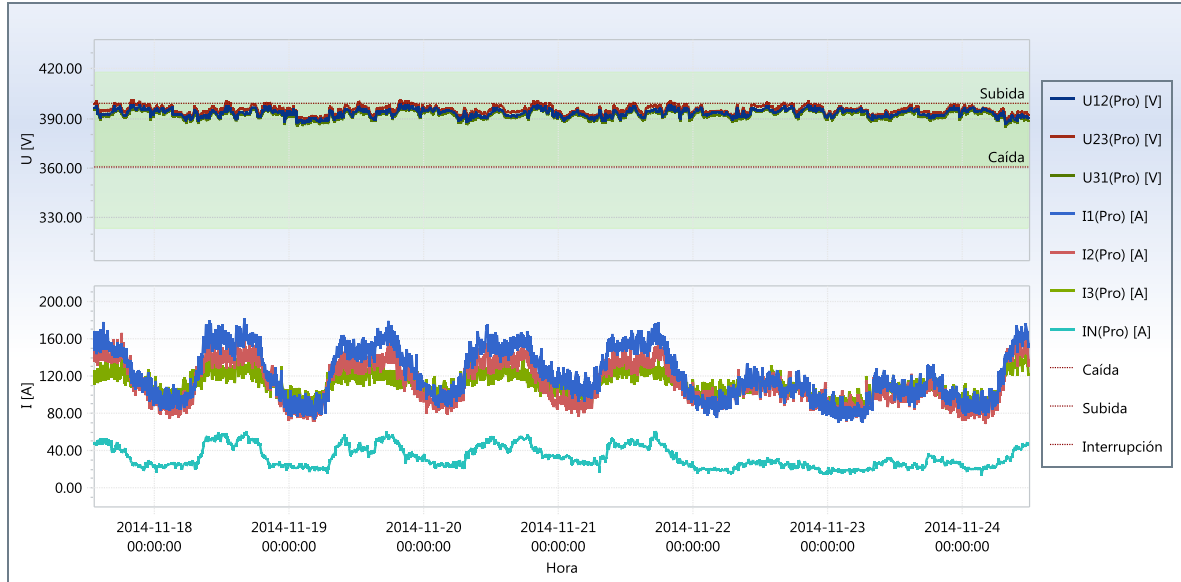


Fig. N° 3.13, Tensión y corriente en TTA-6. (Analizador Metrel)

En la Fig. N° 3.14, se presenta el consumo de potencia activa, reactiva y aparente, obteniendo los siguientes valores máximos: $P_{MÁX} = 108.60$ kW; $Q_{MÁX} = 12.90$ kVAR; $S_{MÁX} = 108.60$ kVA

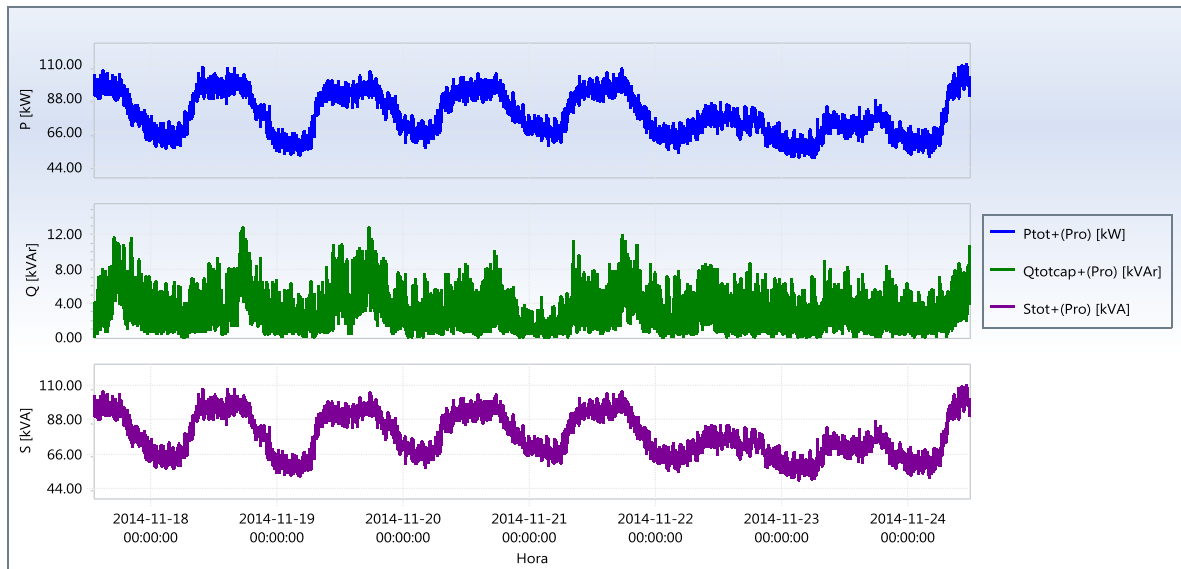


Fig. N° 3.14, Consumo de potencias en TTA-6. (Analizador Metrel)

En la Fig. N° 3.15, se presenta el nivel de distorsión armónica total de tensión y corriente (THDU y THDI).

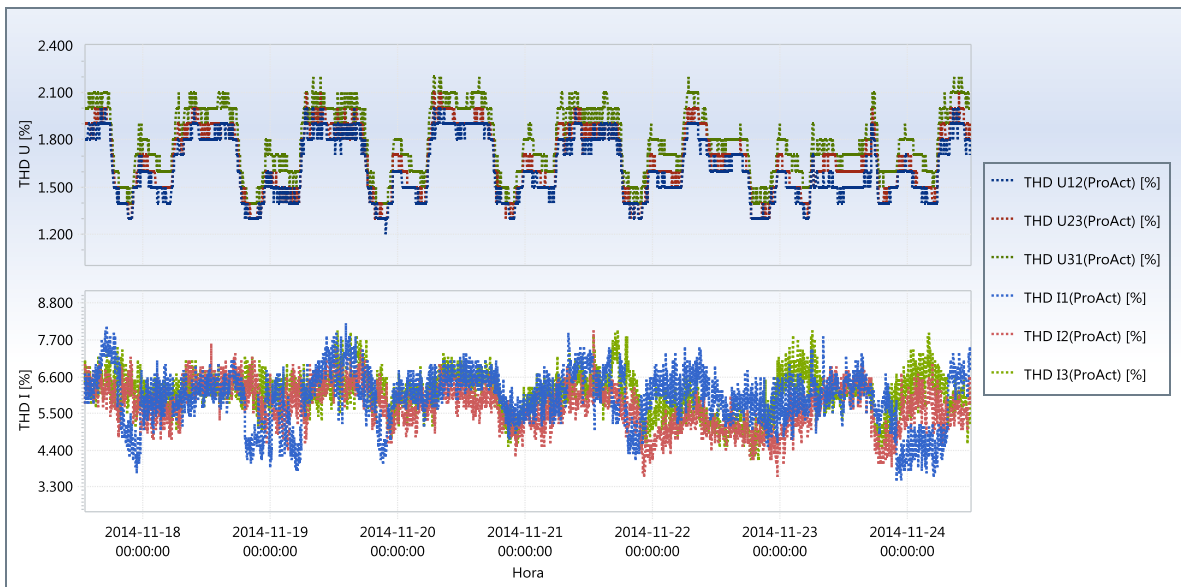


Fig. N° 3.15, Nivel de distorsión armónica en TTA-6. (Analizador Metrel)

En la Fig. N° 3.16, se presenta la variación de la frecuencia y el factor de potencia (FP) durante la medición realizada.

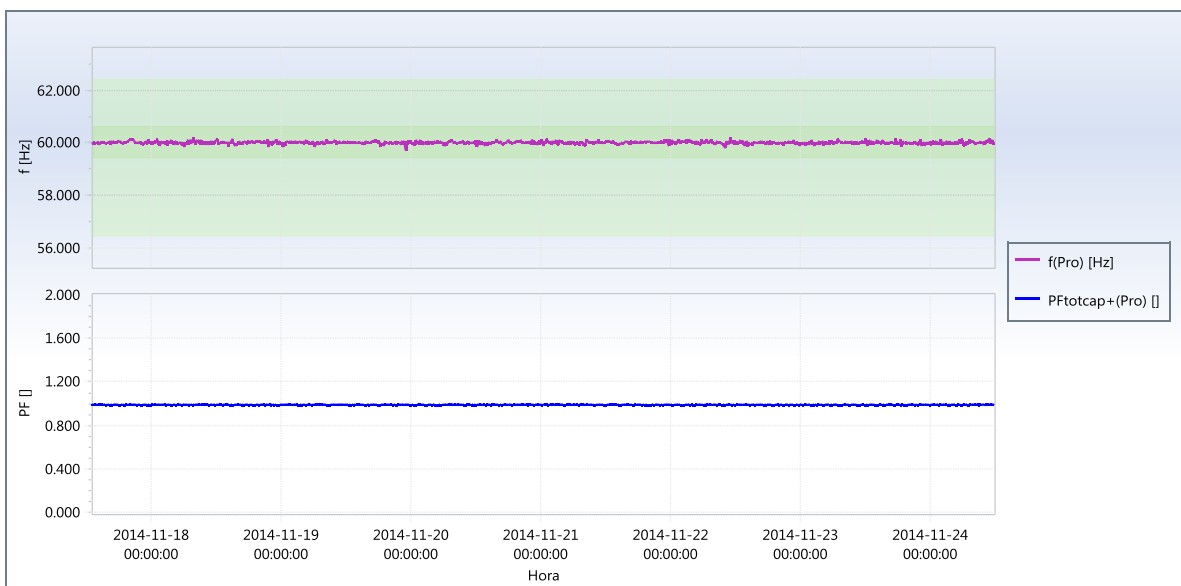


Fig. N° 3.16, Variación de frecuencia y FP en TTA-6. (Analizador Metrel)

En la Fig. N° 3.17, se presenta el perfil de carga del día de mayor demanda.

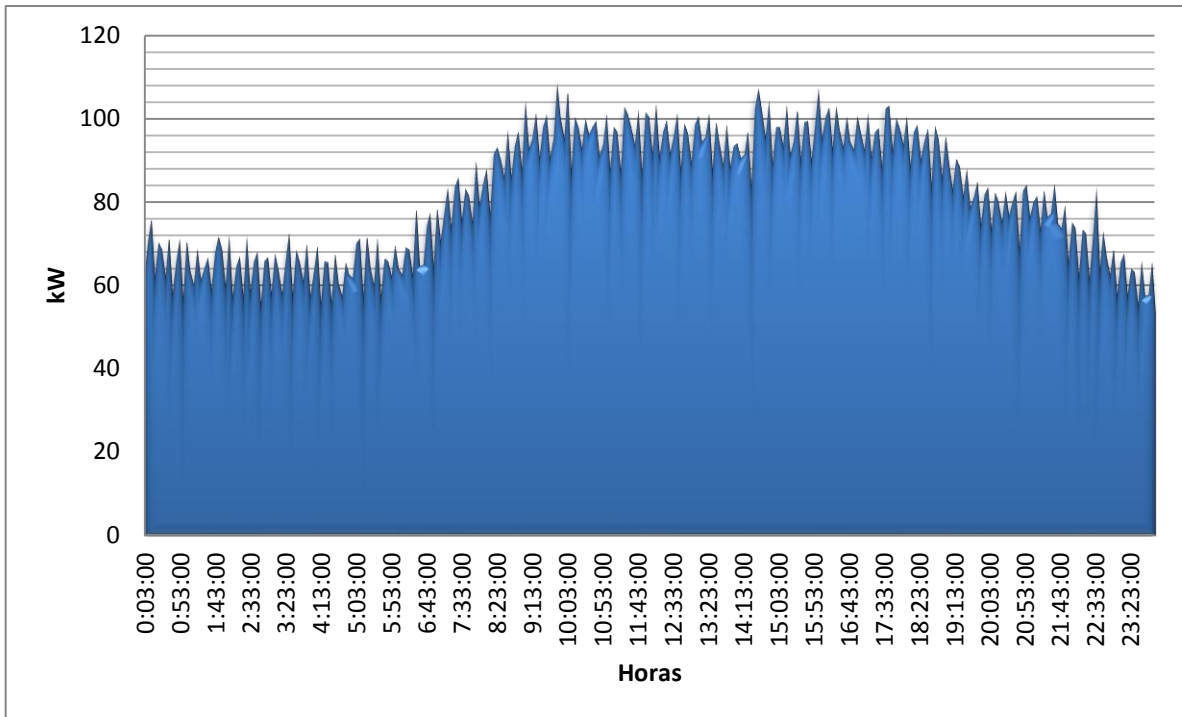


Fig. N° 3.17, Perfil de carga en TTA-6. (Elaboración propia)

3.2.2. Medición en tableros de distribución

Para la medición en los tableros de distribución por piso se ha considerado conveniente sólo graficar los perfiles de carga, para obtener la máxima demanda de manera parcial.

3.2.2.1. Tablero general barra normal – piso 3 (TNT2-03)

En la Fig. N° 3.18, se presenta el perfil de carga del día de mayor demanda en el tablero de distribución normal del piso 3.

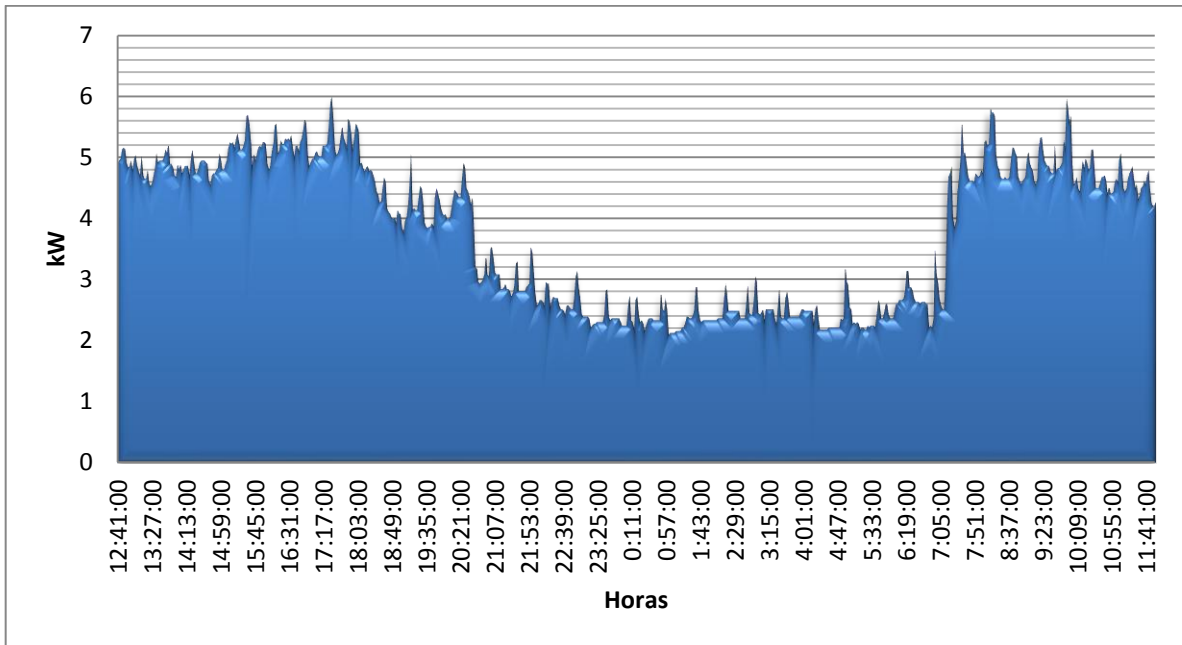


Fig. N° 3.18, Perfil de carga en TNT2-03. (Elaboración propia)

3.2.2.2. Tablero general barra de emergencia – piso 3 (TET2-03)

En la Fig. N° 3.19, se presenta el perfil de carga del día de mayor demanda en el tablero de distribución de emergencia del piso 3.

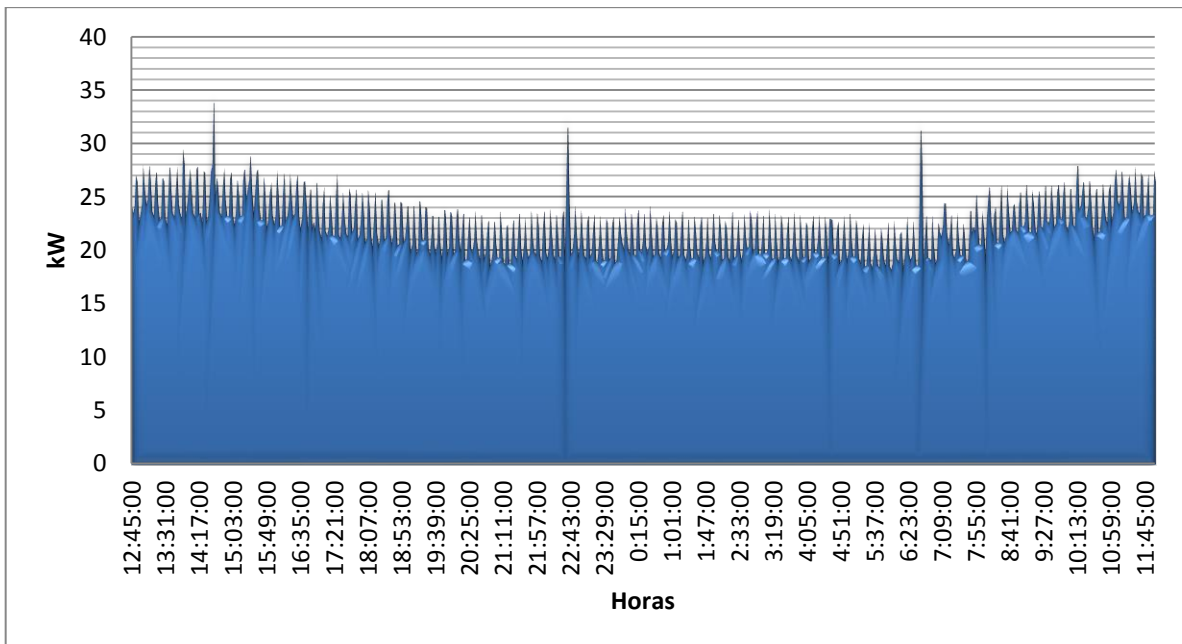


Fig. N° 3.19, Perfil de carga en TET2-03. (Elaboración propia)

3.2.2.3. Tablero general barra normal – piso 4 (TNT2-04)

En la Fig. N° 3.20, se presenta el perfil de carga del día de mayor demanda en el tablero de distribución normal del piso 4.

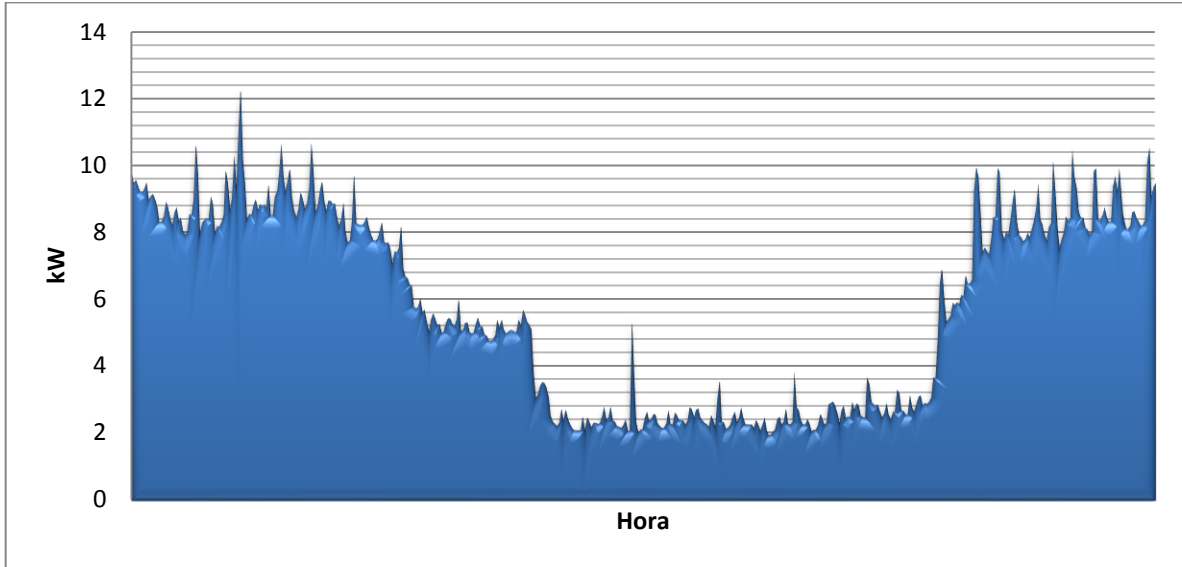


Fig. N° 3.20, Perfil de carga en TNT2-04. (Elaboración propia)

3.2.2.4. Tablero general barra de emergencia – piso 4 (TET2-04)

En la Fig. N° 3.21, se presenta el perfil de carga del día de mayor demanda en el tablero de distribución de emergencia del piso 4.

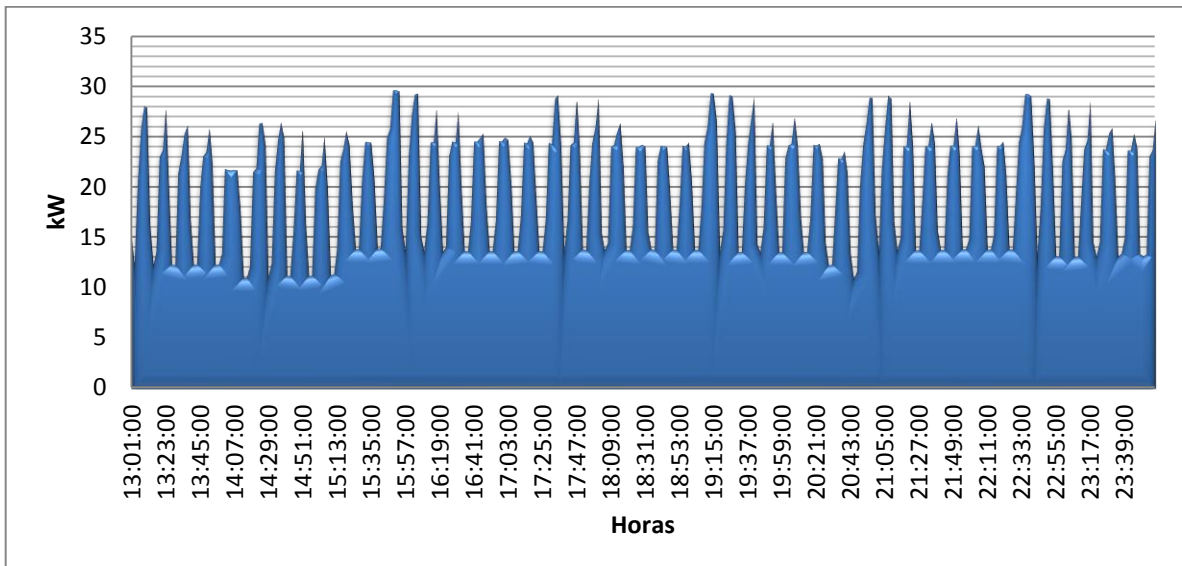


Fig. N° 3.21, Perfil de carga en TET2-04. (Elaboración propia)

3.2.2.5. Tablero general barra normal – piso 5 (TNT2-05)

En la Fig. N° 3.22, se presenta el perfil de carga del día de mayor demanda en el tablero de distribución normal del piso 5.

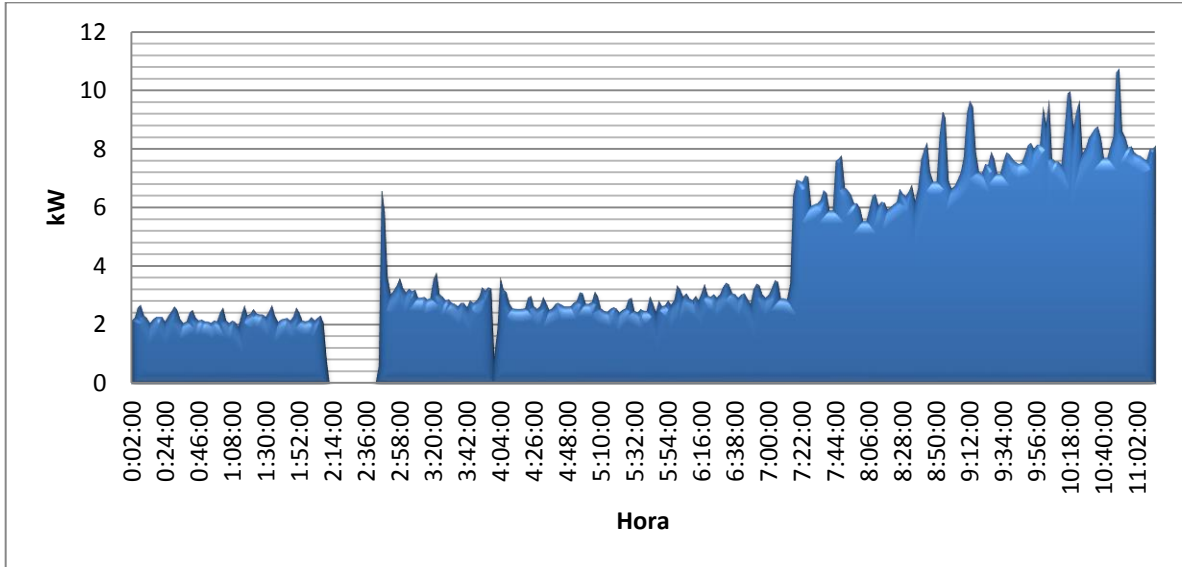


Fig. N° 3.22, Perfil de carga en TNT2-05. (Elaboración propia)

3.2.2.6. Tablero general barra de emergencia – piso 5 (TET2-05)

En la Fig. N° 3.23, se presenta el perfil de carga del día de mayor demanda en el tablero de distribución de emergencia del piso 5.

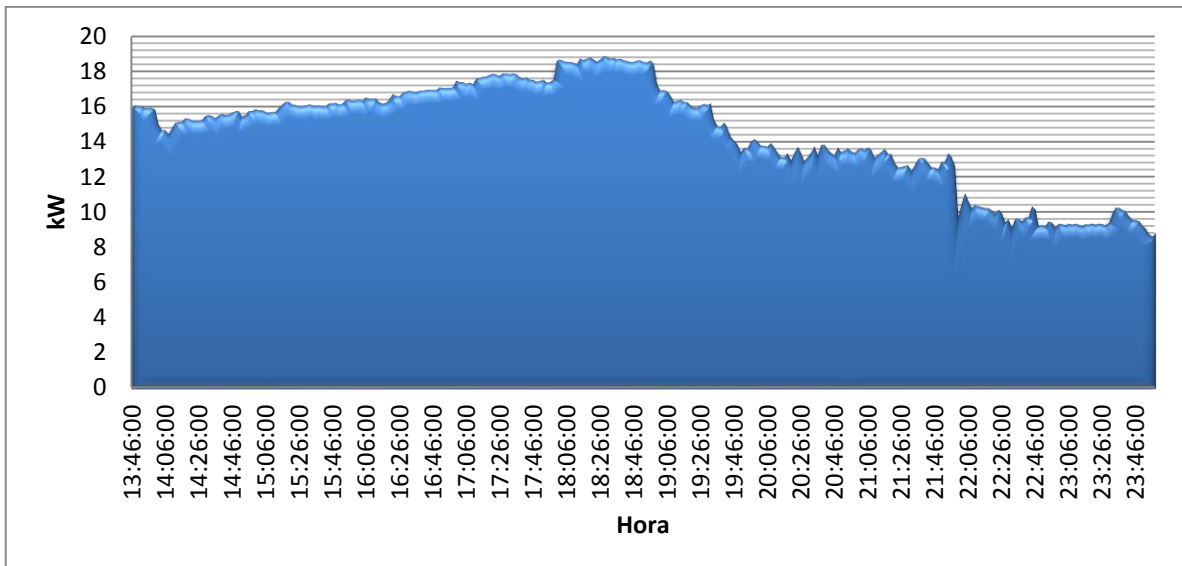


Fig. N° 3.23, Perfil de carga en TET2-05. (Elaboración propia)

3.2.2.7. Tablero general barra normal – piso 6 (TNT2-06)

En la Fig. N° 3.24, se presenta el perfil de carga del día de mayor demanda en el tablero de distribución normal del piso 6.

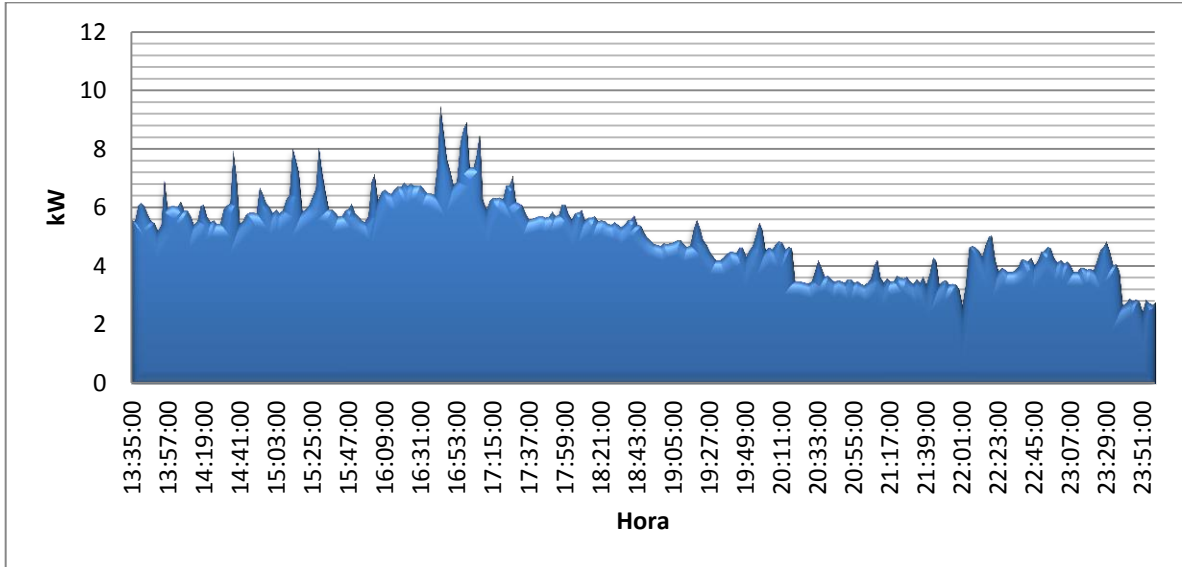


Fig. N° 3.24, Perfil de carga en TNT2-06. (Elaboración propia)

3.2.2.8. Tablero general barra de emergencia – piso 6 (TET2-06)

En la Fig. N° 3.25, se presenta el perfil de carga del día de mayor demanda en el tablero de distribución de emergencia del piso 6.

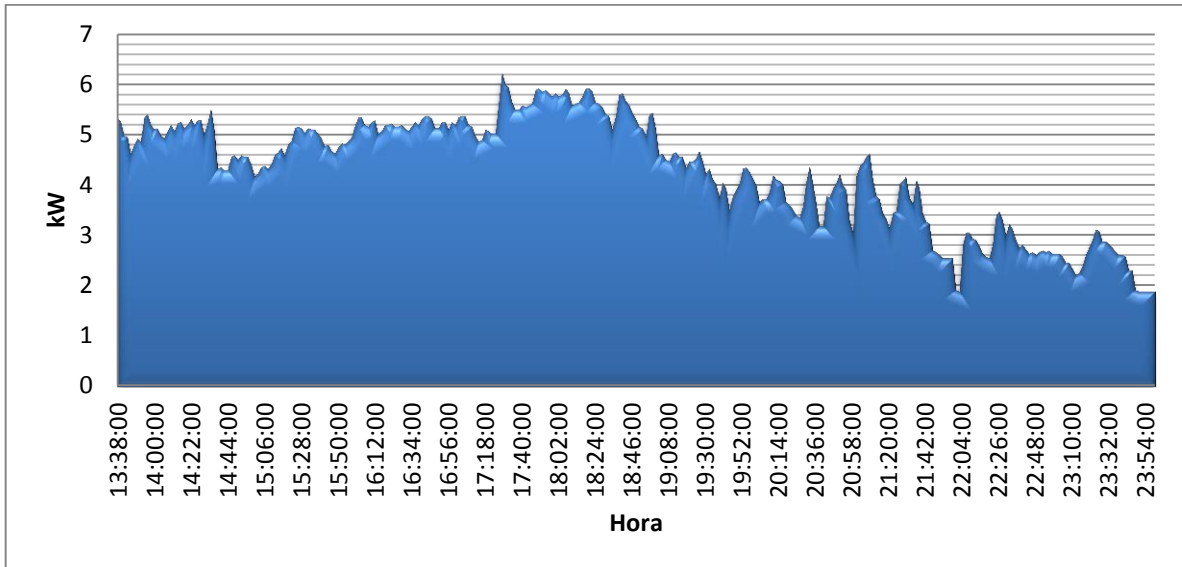


Fig. N° 3.25, Perfil de carga en TET2-06. (Elaboración propia)

3.2.2.9. Tablero general barra normal – piso 7 (TNT2-07)

En la Fig. N° 3.26, se presenta el perfil de carga del día de mayor demanda en el tablero de distribución normal del piso 7.

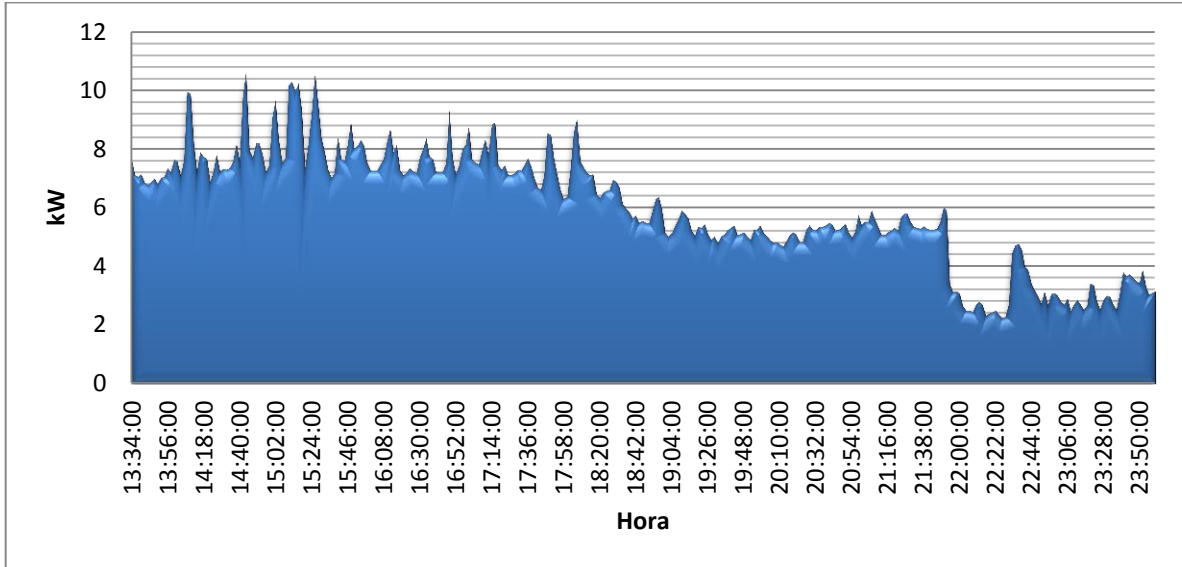


Fig. N° 3.26, Perfil de carga en TNT2-07. (Elaboración propia)

3.2.2.10. Tablero general barra de emergencia – piso 7 (TET2-07)

En la Fig. N° 3.27, se presenta el perfil de carga del día de mayor demanda en el tablero de distribución de emergencia del piso 7.

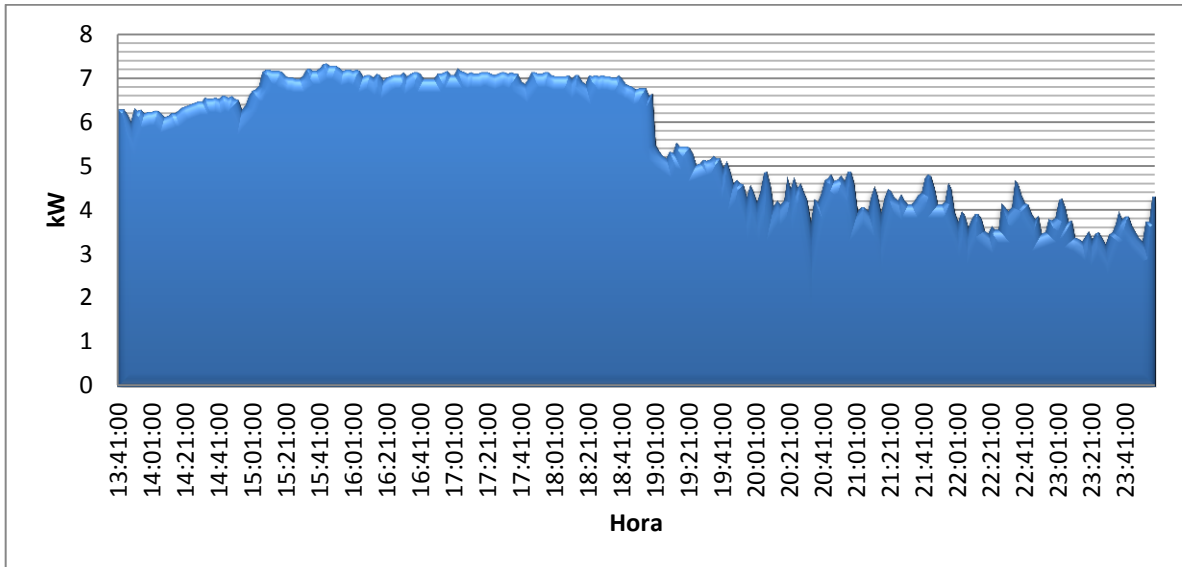


Fig. N° 3.27, Perfil de carga en TET2-07. (Elaboración propia)

3.2.2.11. Tablero general barra normal – piso 8 (TNT2-08)

En la Fig. N° 3.28, se presenta el perfil de carga del día de mayor demanda en el tablero de distribución normal del piso 8.

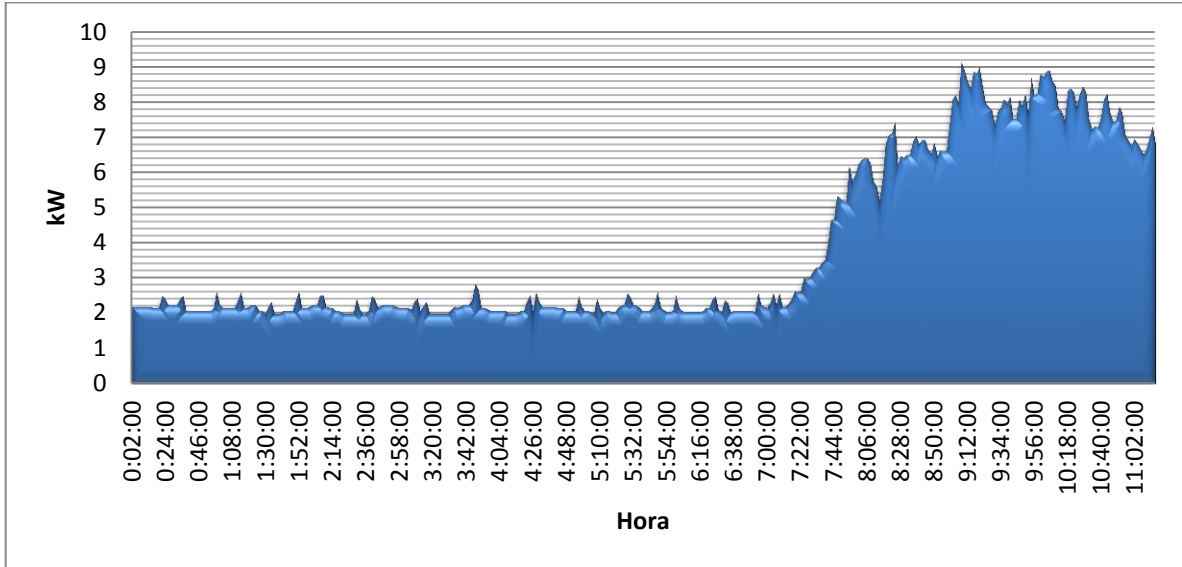


Fig. N° 3.28, Perfil de carga en TNT2-08. (Elaboración propia)

3.2.2.12. Tablero general barra de emergencia – piso 8 (TET2-08)

En la Fig. N° 3.29, se presenta el perfil de carga del día de mayor demanda en el tablero de distribución de emergencia del piso 8.

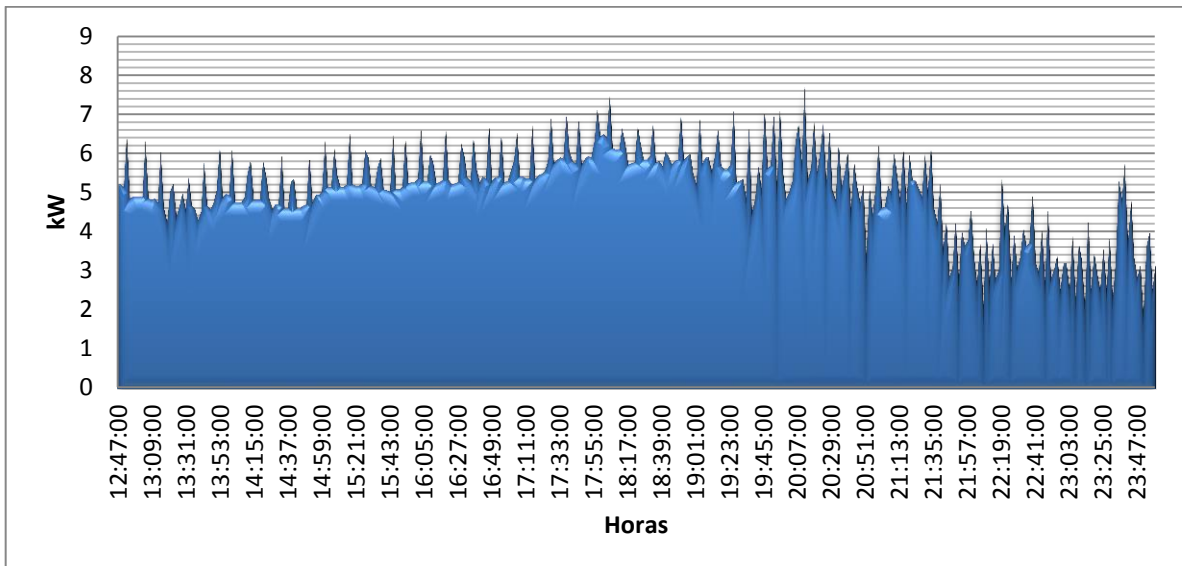


Fig. N° 3.29, Perfil de carga en TET2-08. (Elaboración propia)

3.2.2.13. Tablero general barra normal – piso 9 (TNT2-09)

En la Fig. N° 3.30, se presenta el perfil de carga del día de mayor demanda en el tablero de distribución normal del piso 9.

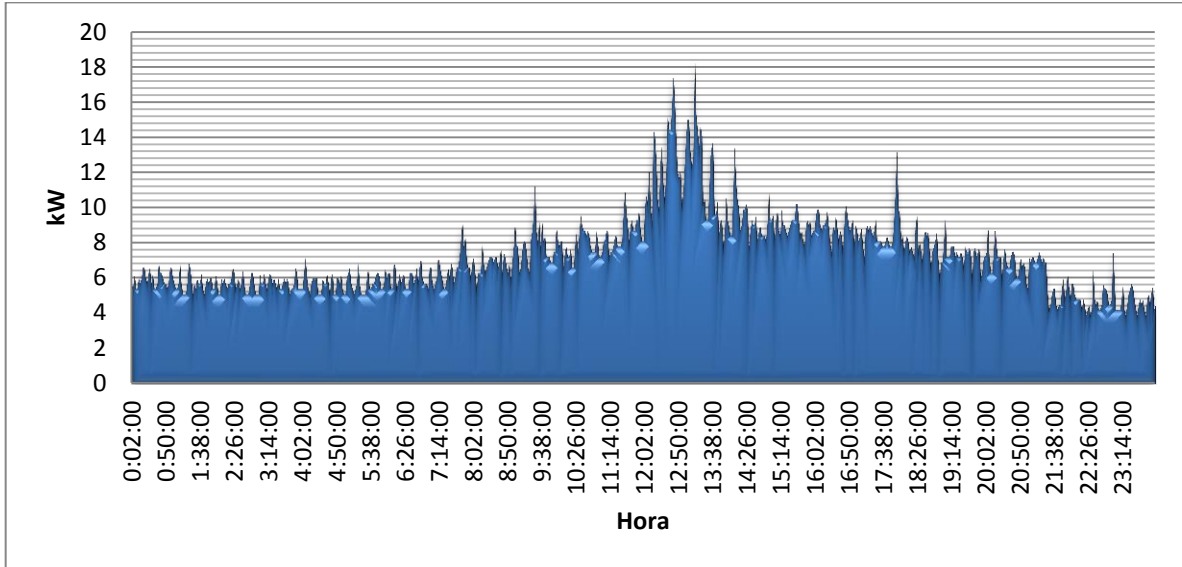


Fig. N° 3.30, Perfil de carga en TNT2-09. (Elaboración propia)

3.2.2.14. Tablero general barra de emergencia – piso 9 (TET2-09)

En la Fig. N° 3.31, se presenta el perfil de carga del día de mayor demanda en el tablero de distribución de emergencia del piso 9.

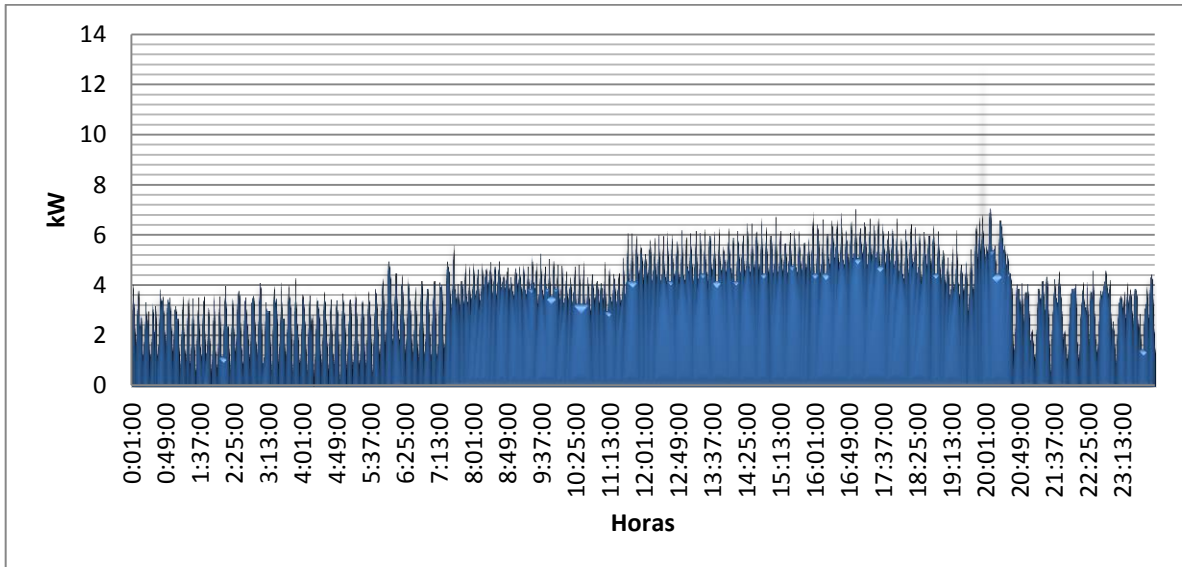


Fig. N° 3.31, Perfil de carga en TET2-09. (Elaboración propia)

3.2.2.15. Tablero de chiller (TCH-T2)

En la Fig. N° 3.32, se presenta el perfil de carga del día de mayor demanda en el tablero general del chiller.

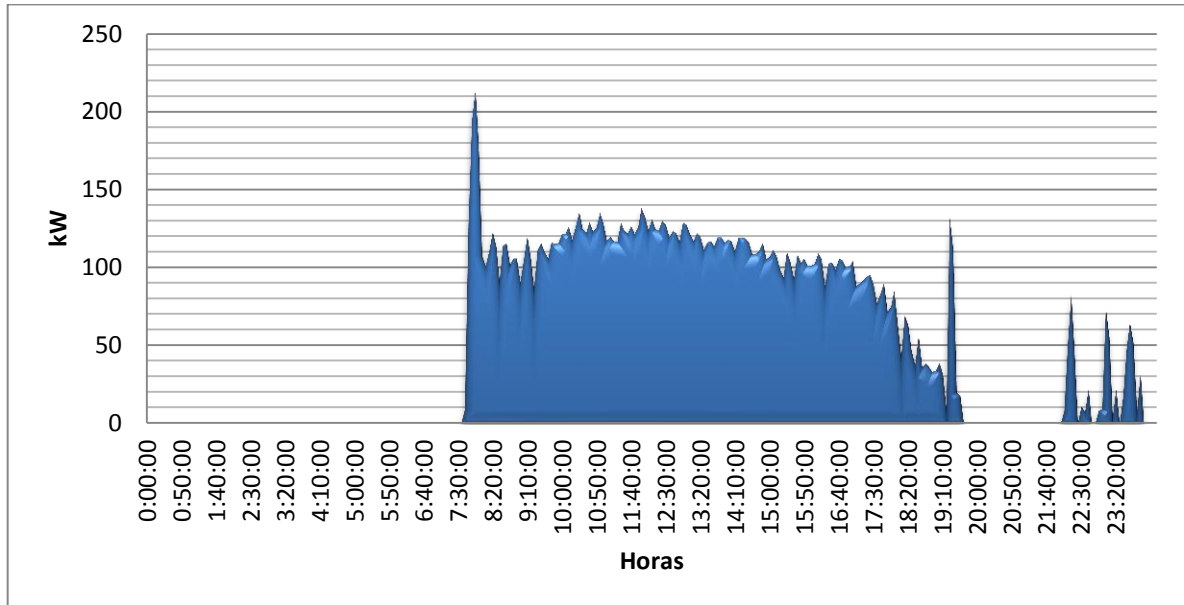


Fig. N° 3.32, Perfil de carga en TCH-T2. (Elaboración propia)

3.2.3. Cálculos justificativos

Debido a que el problema central de la investigación es conocer la factibilidad de migrar las cargas del sistema de climatización a la barra de contingencia en caso de corte de tensión; se debe tener en cuenta la disponibilidad de potencia del grupo electrógeno y la capacidad del ducto barra de emergencia.

La instalación cuenta con un Grupo Electrógeno del modelo MC-800 I (Fig. 3.33), lo cual provee una potencia máxima de 823 kW en modo Stand-By, la misma que el fabricante recomienda no superar los 800kW de potencia según Fig. N° 3.34 (ficha técnica de grupo electrógeno).

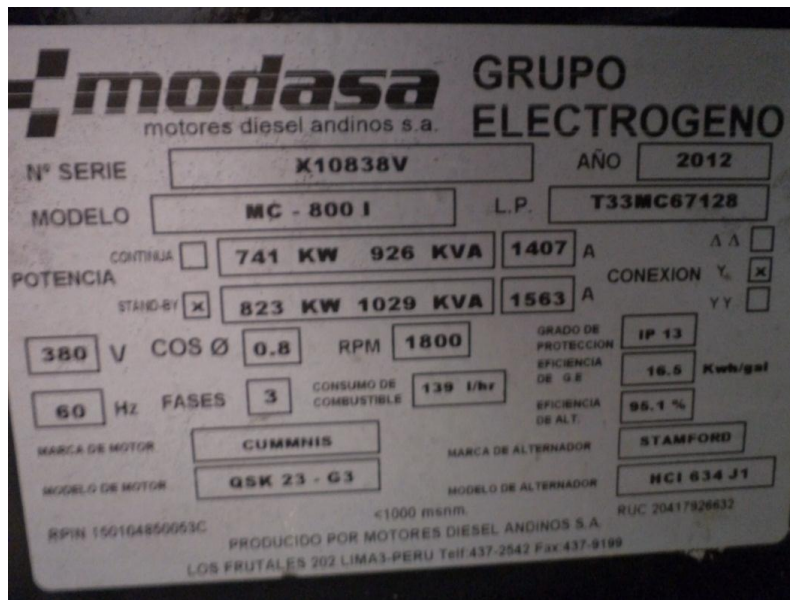


Fig. N° 3.33, Datos de placa de grupo electrógeno de Cálidda. (Información propia)

MODELO	POTENCIA	
	PRIME	STAND BY
MC-800	736 Kw/920 KVA	800 Kw/1000 KVA

Fig. N° 3.34, Ficha técnica MODASA Modelo MC-800 [20].

De los 800kW disponibles (modo stand by); Cálidda sólo es propietario del 50% de la potencia, por lo que la disponibilidad ante un corte de energía eléctrica es de **400kW** para que entren en contingencia las cargas de la barra de emergencia.

De acuerdo a la memoria descriptiva del ducto barra de emergencia instalado en Cálidda (anexo 1) y Fig. N° 3.35, se tiene que su capacidad máxima es de 630A.

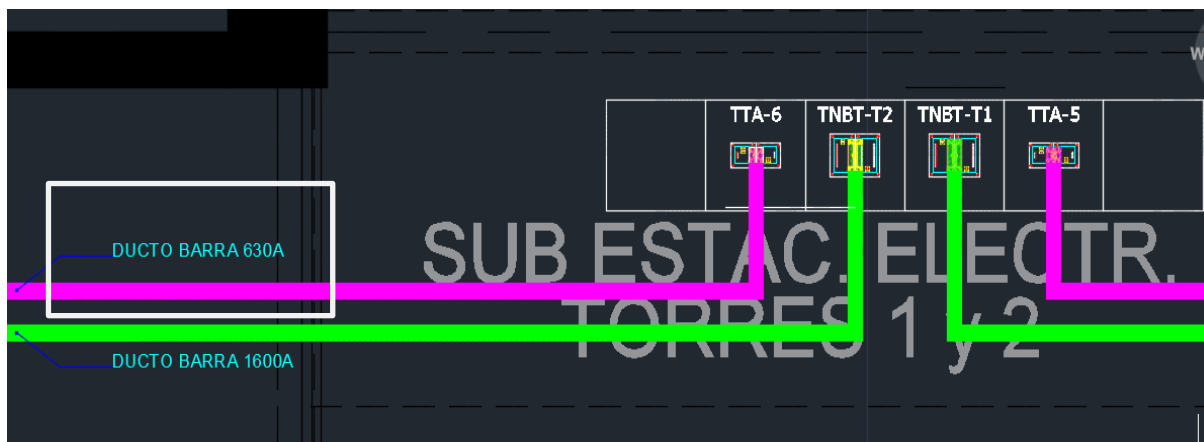


Fig. N° 3.35, Detalle de capacidad de ducto barra de emergencia.
(Información propia)

Debido a esta capacidad máxima, el ducto de emergencia estaría diseñado para trabajar a una máxima demanda de **393.92kW**, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$P = V * I * FP * \sqrt{3}$$

$$P = 380 * 630 * 0.95 * \sqrt{3}$$

$$P = 393.92kW$$

DONDE:

P = Potencia en (watts)

V = Tensión en (voltios)

I = Corriente en (amperios)

FP = factor de potencia (de registro)

3.3. COSTOS DEL PROYECTO

Para el desarrollo del proyecto se ha invertido tanto en el alquiler de los equipos como en gastos generales, según la tabla N° 2 el gasto total haciende a S/. 2920.00; el cual fue cubierto por Innovación Energética SAC.

ALQUILER DE EQUIPOS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (UNID.)	DÍAS	PRECIO UNIT. S/.	PRECIO SUB TOTAL S/.
1	ALQUILER DE ANALIZADOR DE REDES TRIFÁSICO, MARCA METREL. CLASE A.	3	7	S/. 130.00	S/. 2,730.00

OTROS COSTOS				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (UNID.)	PRECIO UNIT. S/.	PRECIO SUB TOTAL S/.
2	IMPRESIÓN DE PLANOS ELÉCTRICOS EN A1	5	S/. 10.00	S/. 50.00
3	MOVILIDADES A PUNTO DE MEDICIÓN	14	S/. 5.00	S/. 70.00
4	IMPRESIÓN DE INFORMES Y CHECKLIST	2	S/. 10.00	S/. 20.00
5	GASTOS OPERATIVOS	1	S/. 50.00	S/. 50.00
GASTO TOTAL				S/. 2,920.00

Tabla N° 2, Gastos del proyecto.

3.4. RESULTADOS OBTENIDOS

3.4.1. Resultados en diagnóstico de máxima demanda

Luego de obtener la información de manera total y parcial, se resume la medición en los siguientes cuadros.

En la tabla N° 3, se aprecia el resumen de las máximas demandas en la barra normal; se aprecia que como medición troncal en el tablero general se llega a un pico de consumo de 235.50kW.

Mientras que como medición parcial en cada piso y azotea, se llega a un pico de **292.84kW**, esto debido a que la medición fue en diferentes días por lo que para efectos de diseño se tomó el valor más alto.

SÓTANO	TABLERO GENERAL NORMAL	TNBT-T2	235.50	KW
BARRA NORMAL				
PISO	DESCRIPCIÓN	TABLERO	MÁXIMA	TOTAL (kW)

			DEMANDA (kW)	
N° 3	DUCTO BARRA	TNT2-03	6.00	6.00
N° 4	DUCTO BARRA	TNT2-04	12.40	12.40
N° 5	DUCTO BARRA	TNT2-05	10.77	10.77
N° 6	DUCTO BARRA	TNT2-06	9.54	9.54
N° 7	DUCTO BARRA	TNT2-07	10.65	10.65
N° 8	DUCTO BARRA	TNT2-08	9.78	9.78
N° 9	DUCTO BARRA	TNT2-09	18.90	18.90
AZOTEA	CHILLER	TCH-T2	214.80	214.80
TOTAL				292.84

Tabla N° 3, Resultados de medición en ducto barra normal.

En la tabla N° 4, se aprecia el resumen de las máximas demandas en la barra de emergencia; se aprecia que como medición troncal en el tablero general se llega a un pico de consumo de 108.60kW.

Mientras que como medición parcial en cada piso, se llega a un pico de **118.11kW**, esto debido a que la medición fue en diferentes días por lo que para efectos de diseño se tomó el valor más alto.

SÓTANO	TABLERO GENERAL EMERGENCIA	TTA - 06	108.60	KW
BARRA DE EMERGENCIA				
PISO	DESCRIPCIÓN	TABLERO	MÁXIMA DEMANDA (kW)	TOTAL (kW)
N° 3	DUCTO BARRA	TET2-03	35.19	35.19
N° 4	DUCTO BARRA	TET2-04	29.61	29.61
N° 5	DUCTO BARRA	TET2-05	18.81	18.81
N° 6	DUCTO BARRA	TET2-06	6.24	6.24
N° 7	DUCTO BARRA	TET2-07	7.35	7.35
N° 8	DUCTO BARRA	TET2-08	7.71	7.71

N° 9	DUCTO BARRA	TET2-09	13.20	13.20
TOTAL				118.11

Tabla N° 4, Resultados de medición en ducto barra de emergencia.

En la Fig. N° 3.36, se aprecia los resultados de las mediciones de máxima demanda arrojando como resultado que el mayor consumo está en el tablero del chiller el cual llega hasta un **73.42%** del consumo total.

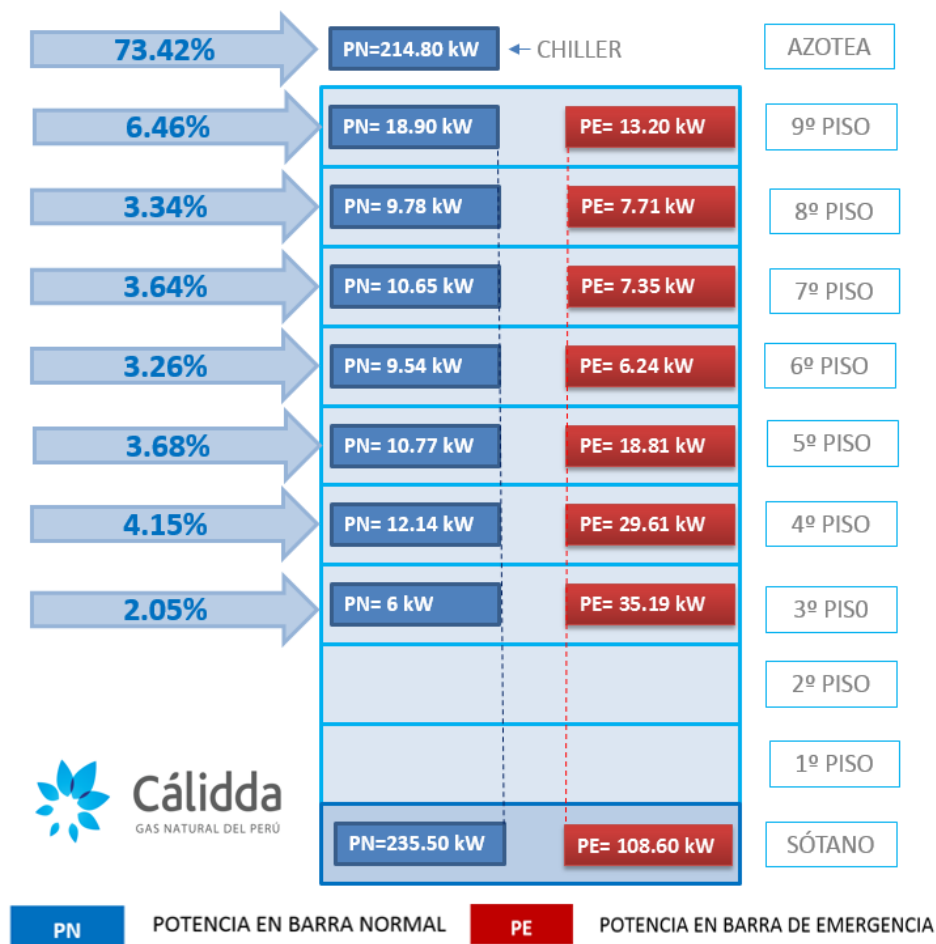


Fig. N° 3.36, Resultado de medición de máxima demanda. (Elaboración propia)

Se realizó la simulación de verano en el sexto piso, encendiendo todo el aire acondicionado a 19° C, obteniendo un consumo máximo de 5.13 kW (anexo 2); considerando dicho valor para todos los niveles se tiene el consumo proyectado en la tabla N° 5.

BARRA NORMAL				
PISO	DESCRIPCIÓN	TABLERO	MÁXIMA DEMANDA (kW)	TOTAL (kW)
N° 3	AIRE ACOND.	TAA-03	5.13	5.13
N° 4	AIRE ACOND.	TAA-04	5.13	5.13
N° 5	AIRE ACOND.	TAA-05	5.13	5.13
N° 6	AIRE ACOND.	TAA-06	5.13	5.13
N° 7	AIRE ACOND.	TAA-07	5.13	5.13
N° 8	AIRE ACOND.	TAA-08	5.13	5.13
N° 9	AIRE ACOND.	TAA-09	5.13	5.13
TOTAL				35.91

Tabla N° 5, Consumo proyectado de aire acondicionado por piso.

Considerando los resultados de los cuadros N° 3 y 5, se tiene el total de las cargas de climatización que tendrían que migrar a la barra de emergencia (tabla N° 6).

CARGA CRÍTICA	DEMANDA (kW)
AIRE ACONDICIONADO	35.91
CHILLER	214.80
TOTAL	250.71

Tabla N° 6, Demanda de climatización para traslado.

Actualmente el edificio tiene una demanda en barra de emergencia de 118.11 kW, en el caso del traslado de las cargas de climatización, se proyecta la nueva demanda en la tabla N° 7.

CARGA CRÍTICA	DEMANDA (kW)
DEMANDA ACTUAL	118.11
DEMANDA DE TRASLADO	250.71
TOTAL	368.82

Tabla N° 7, Consumo total de demanda actual más la proyección de traslado.

Para efectos de diseño se considera un 25% adicional, con lo que se evitaría una posible sobrecarga del ducto barra de emergencia.

Realizando el ajuste de la demanda, la potencia proyectada en barra de emergencia tendría un valor máximo de **461.025kW**, según la siguiente ecuación:

$$Pd = Pn * 1.25$$

$$Pd = 368.82 * 1.25$$

$$Pd = 461.025 \text{ kW}$$

DONDE:

Pd = Potencia de diseño en (kW)

Pn = Potencia nominal calculada en (kW)

3.4.2. Resultados en análisis de calidad de energía

En el análisis de calidad de energía, el parámetro que tiene mayor relevancia es el valor de tensión, según la Norma Técnica de Calidad de Servicio Eléctrico (NTCSE) este valor no debe superar el límite del $\pm 5\%$ para zonas urbanas (anexo 3).

Se aprecia en la fig. N° 3.8 perteneciente a la barra normal; que los valores de tensión están dentro de los parámetros permitidos por la NTCSE.

Sistema Eléctrico:

N° de fases: (3L + N)

Tensión de línea: 380 VAC

Conexión: Estrella

En la tabla N° 8, se muestra los umbrales máximos y mínimos del nivel de tensión.

Tolerancia de tensión	
Tensión Nominal:	380 V
Umbral de caída :	95 % (399 V)
Umbral de subida:	105 % (361 V)
Umbral de interrupción:	5 % (19 V)

Tabla N°8, Umbral de caída y subida de tensión.

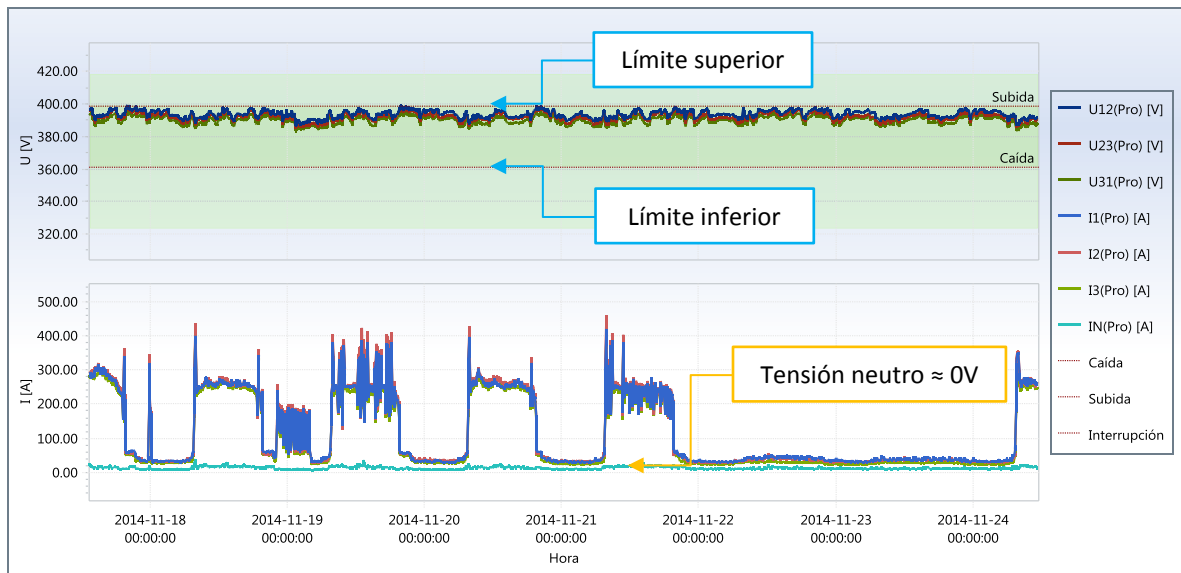


Fig. 3.8

Se aprecia en la fig. N° 3.13 perteneciente a la barra de emergencia; que sólo los valores de tensión de línea están dentro de los parámetros permitidos por la NTCSE.

El valor de la tensión del neutro con referencia a tierra tiene un valor elevado (Tensión neutro $\approx 59V$); cuando lo recomendable es que tienda a cero.

Sistema Eléctrico:

N° de fases: (3L + N)

Tensión de línea: 380 VAC

Conexión: Estrella

En el cuadro N° 8, se muestra los umbrales máximos y mínimos del nivel de tensión.

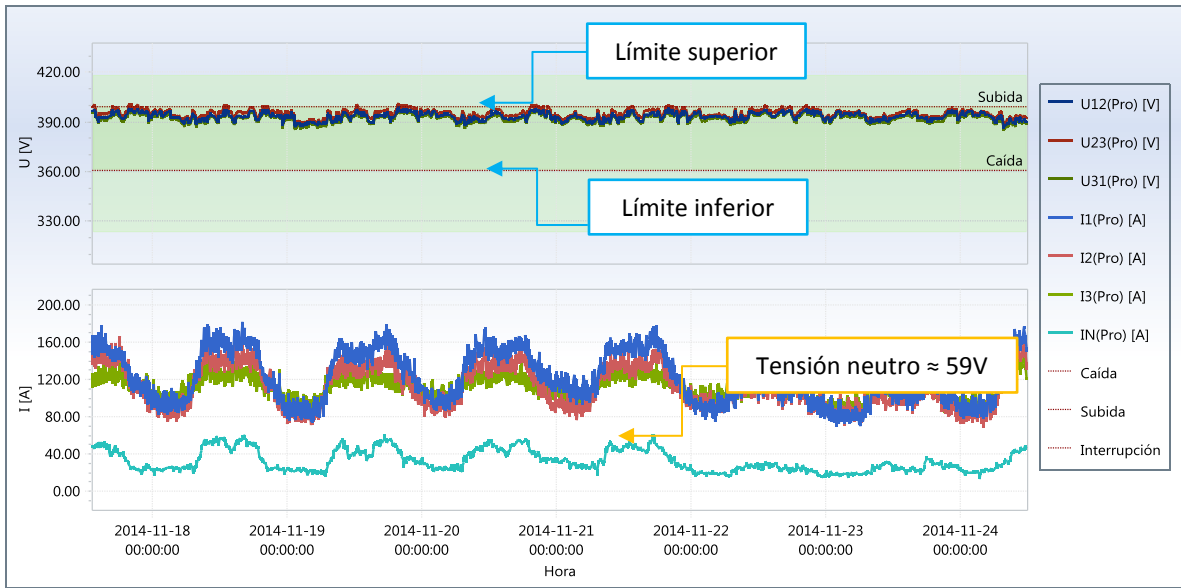


Fig. 3.13

Se aprecia en la fig. N° 3.10 perteneciente a la barra normal; que el valor de los armónicos de tensión THDU está dentro de lo establecido por la IEEE 519-1992, el cual determina como valor máximo 5%.

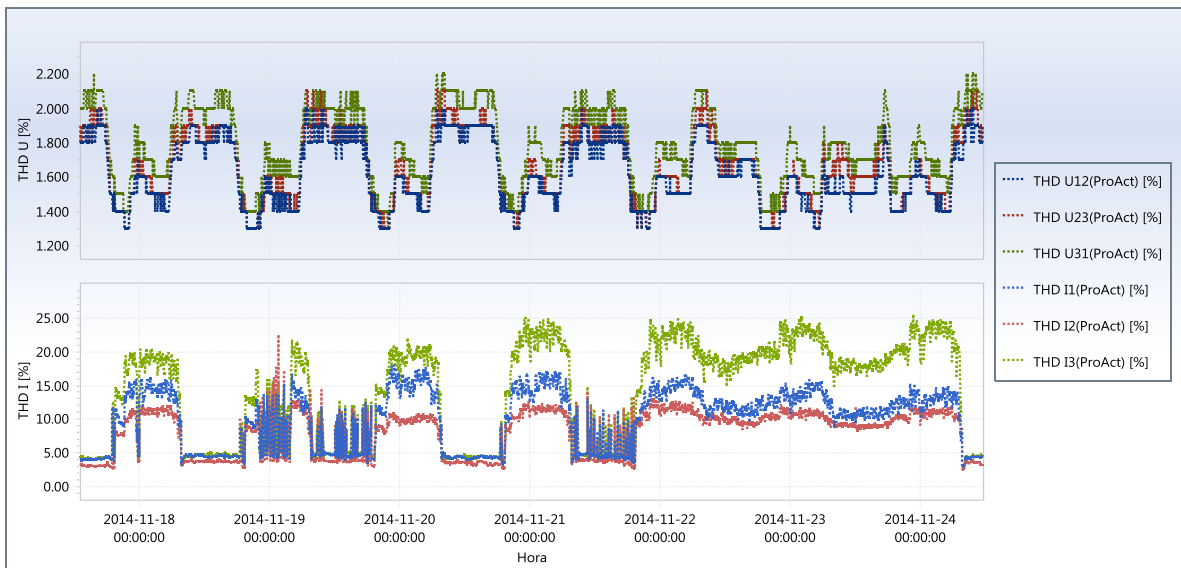


Fig. 3.10

En la tabla N° 9 se muestran los resultados finales, y el status de la calidad de energía según la Norma EN 50160.

RESULTADOS FINALES			
Nº	Parámetro	STATUS	Características de la tensión de entrada según la Norma EN 50160
1	Frecuencia	OK	BT: Valor medido durante 10 seg.
			• ±1% durante 99.5% de la semana
			• +4% / -6% durante el 100% de la semana.
2	Variación de la tensión suministrada	OK	±10% durante el 95% de la semana, valores medidos en periodos de 10 minutos
3	Cambios bruscos de tensión	OK	Normal – 5%
			Infrecuente – 10%
4	Huecos en la tensión (Dips)	OK	La mayoría: duración <1 seg., caída <60%
			Caidas locales limitadas causadas por una carga al conectarse.
			BT: 10-50%
5	Interrupción breve de la tensión de suministro	OK	Hasta 3 minutos
			Pocas decenas – pocas centenas / año
			Duración del 70% de las interrupciones <1seg.
6	Interrupción prolongada de la tensión de suministro	OK	BT: (mayor de 3 minutos)
			<10-50/año
7	Sobretensión temporal a la frecuencia de la red	OK	Falla:>110% Un (normalmente < 1.5kv)
8	Sobretensiones transitorias	OK	Falla:>1.5Kv (normalmente < 16kv)
9	Desequilibrio de tensión	OK	BT: hasta 2% durante el 95% de la semana, valores medidos en periodos de 10 minutos, hasta 3% en algunos lugares

Tabla N° 9, Resultados finales según la EN 50160.

3.4.3. Cuadro comparativo (antes y después) del estudio

En la tabla N° 10 se muestran el cuadro comparativo del antes y después.

Antes del estudio	Después del estudio
<ul style="list-style-type: none"> * Se desconocía los parámetros de calidad de energía. * Se tenía problemas con la continuidad de funcionamiento del sistema de climatización. * Se desconocía el valor de la máxima demanda (kW) * Existía desconocimiento de problemas de funcionamiento del Chiller. 	<ul style="list-style-type: none"> * Se conoce que los parámetros de calidad de energía están dentro de lo tolerable por la Norma EN 50160. * Existe la posibilidad de migrar el Chiller a un grupo electrógeno independiente. * Se conoce los valores de la máxima demanda en todos los cuadros eléctricos.

Tabla N° 10, Antes y después del estudio realizado.

CONCLUSIONES

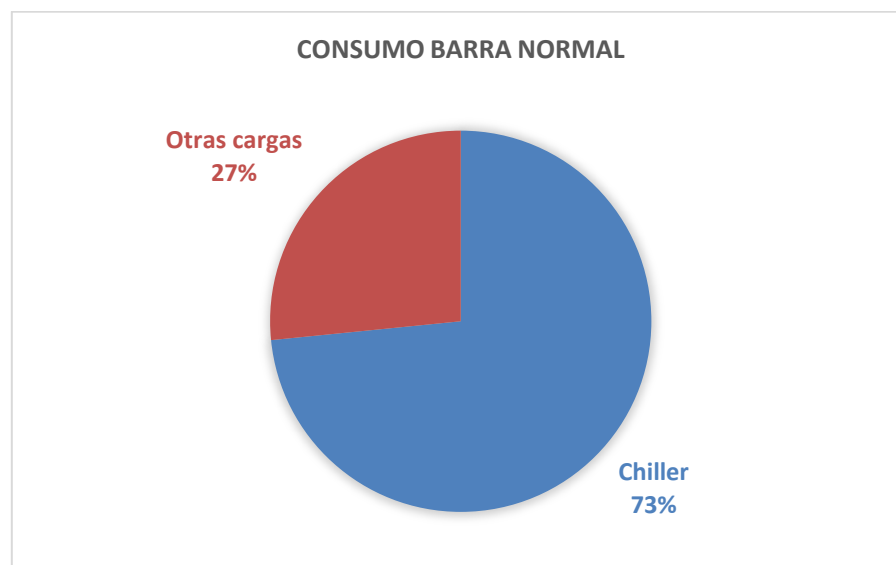
Para la factibilidad de traslado de cargas se necesitaría una capacidad total en la barra de emergencia de **461.025 kW** (considerando el peor escenario de consumo); lo cual es imposible debido a que el ducto barra y el grupo electrógeno tienen una capacidad de 400kW.

En referencia al análisis de calidad de energía, se aprecia que los valores están dentro de lo permitido por la Norma EN 50160.

La mayor carga lo consume el chiller (73.42%), por lo que se tiene que buscar la manera de generar eficiencia energética y con ello una reducción considerable del consumo de energía.

En las condiciones eléctricas se aprecia problemas en la tensión del conductor neutro con referencia a tierra del tablero TTA-6 (Tablero de transferencia automática); la tensión tiene valor elevado (56V) lo cual supera los parámetros admitidos.

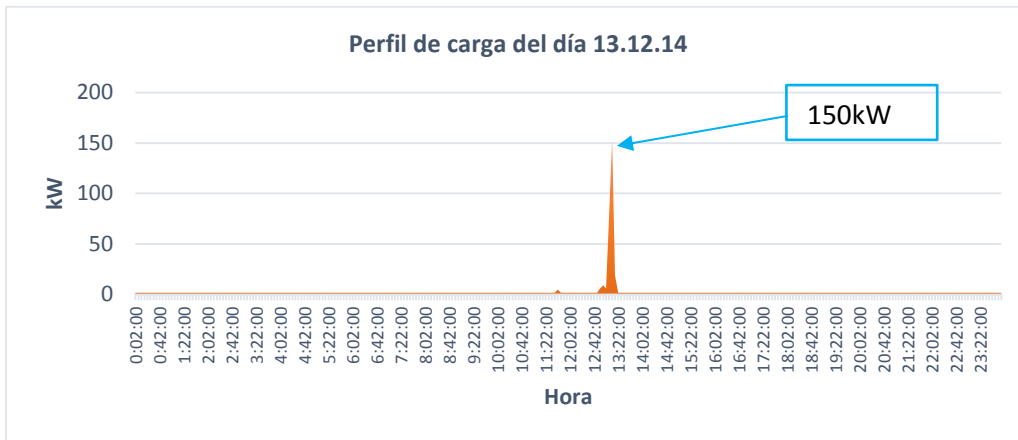
De acuerdo a los cálculos realizados, se determina que la mejor solución para abastecer el sistema de climatización en condición de emergencia no es trasladar las cargas, sino acondicionar un nuevo grupo electrógeno que alimente directo al chiller en la azotea el cual debe ser de 300kW.



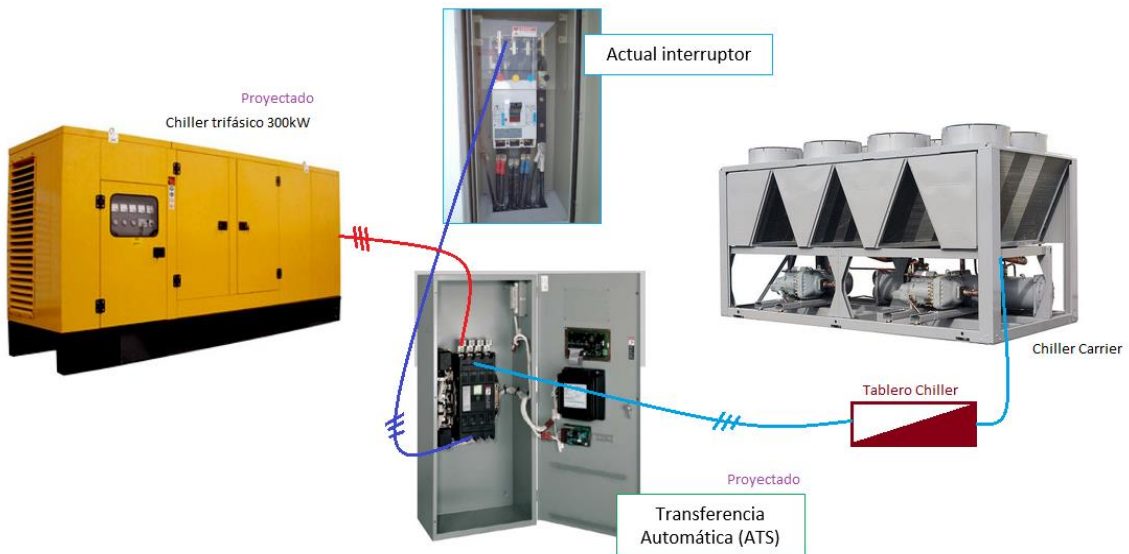
RECOMENDACIONES

Reducir el pico de arranque del chiller, se puede realizar un arranque secuencial de cargas y un control adecuado del funcionamiento de las bombas.

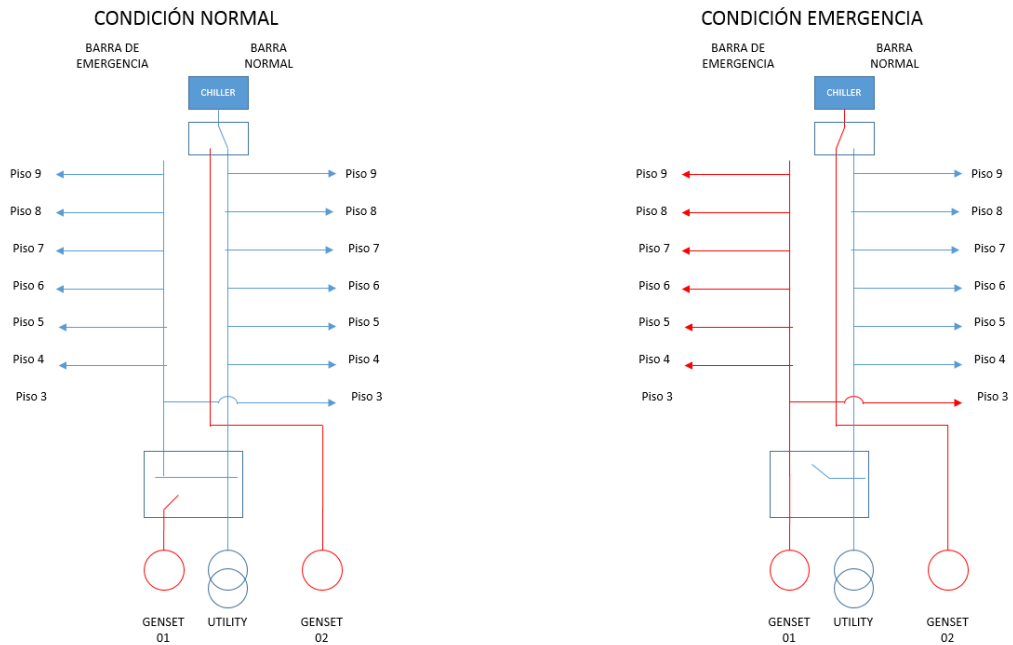
Verificar que la programación de operación del chiller sea la adecuada, debido a que se ha encendido un día no laborable (sábado) detalle en anexo 4.



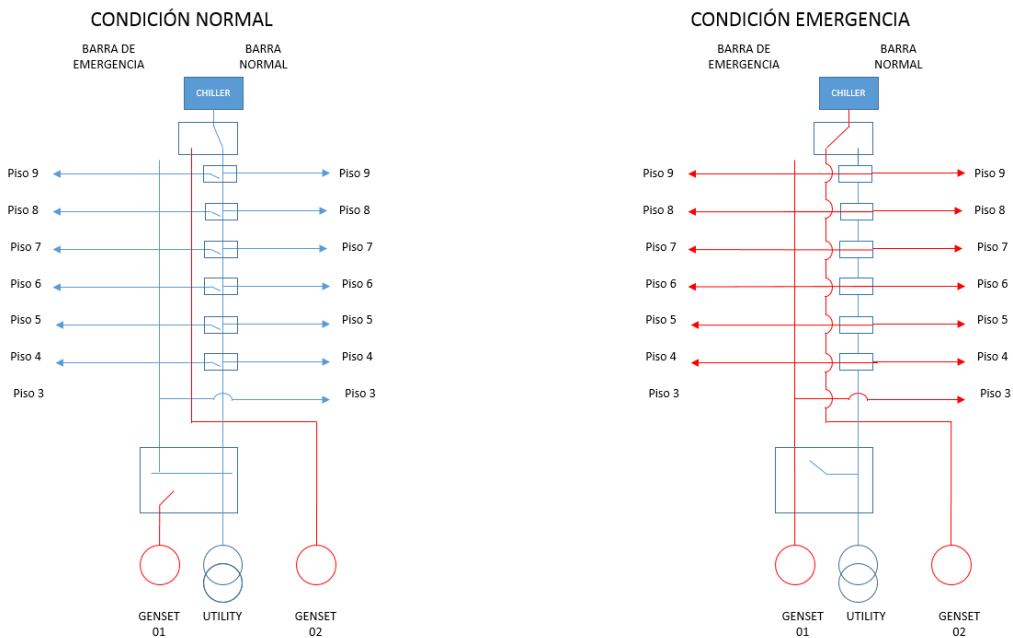
Otra alternativa es que el chiller tenga un tablero de transferencia automática (ATS) en el lugar donde actualmente se ubica el interruptor general del chiller con un grupo electrógeno independiente (300kW).



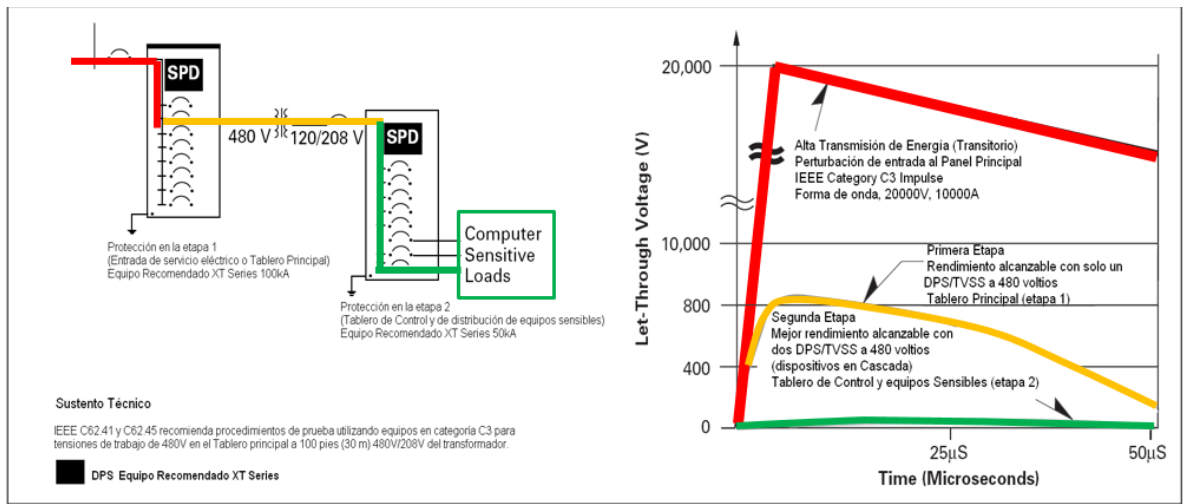
A continuación se muestra la representación de la instalación incorporando un grupo electrógeno independiente para el chiller.



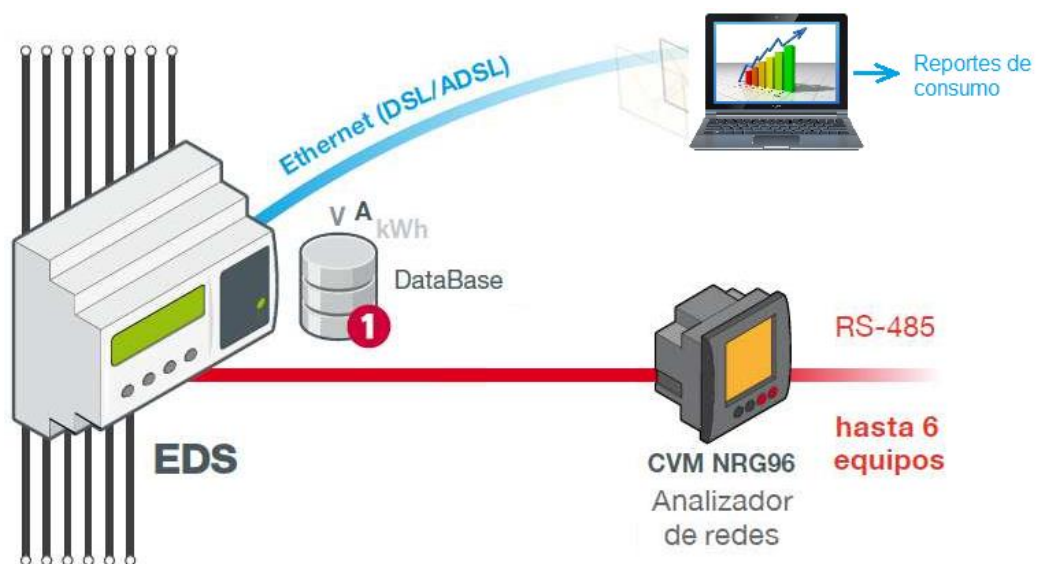
Finalmente esta gráfica indica la representación de todo el sistema eléctrico de Cálidda ante un corte de energía eléctrica.



Para el tema de calidad de energía se recomienda la instalación de dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias DPS/TVSS, los mismos que deben de instalarse en cascada (**Tipo I** para tableros generales y **Tipo II** para tableros de distribución).



Se recomienda la instalación de un gestor energético (EDS), el cual almacene constantemente los consumos parciales y totales del edificio por medio de analizadores de redes conectados a él, con lo que se dispondría de información importante para la toma de decisiones, detalle de instalación en anexo 8.



BIBLIOGRAFÍA

- [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] Cálidda Gas Natural del Perú [Consulta: 20 de Noviembre 2014]. Disponible en web: <<http://www.calidda.com.pe/historia.htm>>
- [3] GRANDE TURCIOS, Nelson. "CALIDAD DE ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS." Universidad centroamericana "José Simeón Cañas" – El Salvador, 2012.
- [4] Ministerio de Energía y Minas [Consulta: 15 de Mayo 2014]. Disponible en web: <<http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/uso/1/01/03/01/II.6.Calidad%20de%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica.htm>>
- [5] Fuzzy Control [Consulta: 17 de Mayo 2014]. Disponible en web: <<http://www.fuzzycontrolsac.com/articulos/articulo1.htm>>
- [6] Colciencias Colombia [Consulta: 17 de Mayo 2014]. Disponible en web: <<http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Docs/calidad.pdf>>
- [7] Colombian Solar [Consulta: 20 de Mayo 2014]. Disponible en web: <<http://colombiansolarsystems.com/89-power-quality.html>>
- [8] Surge Protection (DPS/TVSS) & Power Condition Products. EATON CUTLER HUMER.
- [9] Elaboración de una guía práctica para la evaluación de la calidad de energía dentro de C.N.F.L. (Primera parte: Sistemas de aterrizamiento en Edificios.

- [10] Miguel A. Sánchez. Calidad de la energía eléctrica. México. SEP – SNEST. 2009. 473p.
- [11] HARPER Enríquez. El ABC de la calidad de energía eléctrica. México. Limusa Editores. 2010. 266 p.
- [12] Editores SRL [Consulta: 01 de Junio 2014]. Disponible en web:
<http://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/287/hertig_introduccion_a_la_calidad_de_potencia>
- [13] Editores SRL. Tabla de perturbaciones [Consulta: 14 de Junio 2014]. Disponible en web:
<http://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/ie287_hertig_introduccion_a_la_calidad_de_potencia_6.jpg>
- [14] TERRY Joseph. Los siete tipos de problemas en el suministro eléctrico. Informe interno N° 18. APC By Schneider Electric.
- [15] PowerQ4 and PowerQ4 Plus, Instruction manual METREL d.d. Ljubljanska cesta 77 1354 Horjul – Slovenia.
- [16] Electricidad LYNCH – analizador Fluke 433 [Consulta: 14 de Junio 2014]. Disponible en web:
< <http://www.electricidadlynch.com.ar/analizadorfluke433.htm>>
- [17] CIRCUTOR – analizador Cire3 [Consulta: 3 de Abril 2015]. Disponible en web:
<<http://cir-e3.circutor.com/>>
- [18] BENITES García, Procedimiento - Instalación y retiro de equipos registradores.

Tecsur, Lima 2011.

- [19] UNE-EN 50160, Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución. AENOR, Madrid 2001.
- [20] Ficha técnica Modasa – MC 800 [Consulta: 5 de Abril 2015]. Disponible en web:
< http://modasa.com.pe/datasheets/views/grupo_electrogeno/verpdf.php?id=104>

ANEXOS

Anexo1:

Detalle de memoria descriptiva pag. 4 (características ducto barra de emergencia)

Las oficinas están alimentadas por un sistema de ducto barra en Normal y Emergencia que viene desde la sub estación eléctrica No3 ubicado en el sótano 1 del centro comercial, el sistema es Trifásico +Neutro con línea a tierra 380Voltios ,60ciclos /seg.

Las canalizaciones instaladas visibles y dentro de muros de drywall son del tipo conduit EMT(serie liviana) y todos las tuberías empotradas son de PVC del tipo pesado SAP. el diámetro mínimo usado es de 20mm ,el desarrollo interno de las instalaciones eléctricas están descritas más adelante y mostradas en planos respectivos. Habiéndose diseñado la capacidad de las instalaciones ,para atender la demanda del equipamiento implementado.

4. ALIMENTADORES ELECTRICOS

El edificio cuenta con 2 sistemas de Ducto Barras (Normal 1600Amp y **Emergencia 630Amp**) que recorre la montante eléctrica de la torre 2, en cada piso se cuenta con un tablero de derivación con un interruptor termo magnético en la cual se describe las capacidades:

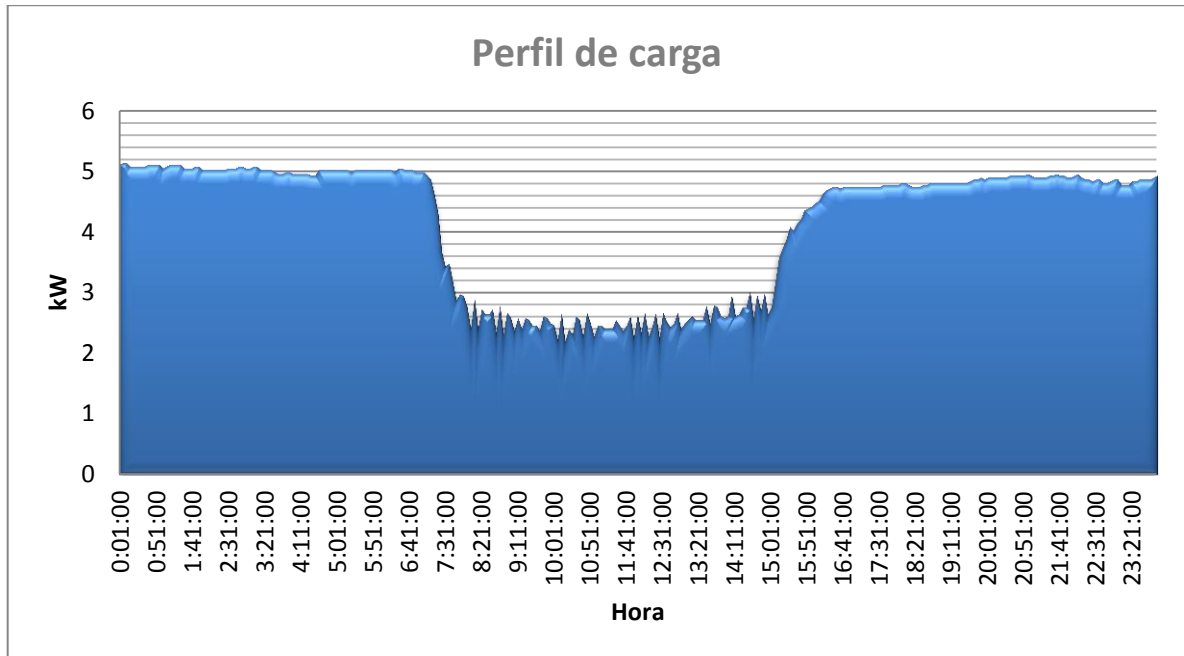
DUCTO BARRA NORMAL:

En el proyecto se ha considerado en todos los piso tablero generales a acepción del sótano 1 por tener poco espacio, los tableros que están alimentados del ducto barra Normal son: Tableros **TES,TDC,TAA**

- PISO - 3: ITM Regulable de 3x63A - 3x80A (regulada a 63A)
- PISO - 4: ITM 3x150A
- PISO - 5 : ITM 3x150A
- PISO - 6 : ITM 3x100A
- PISO - 7 : ITM 3x150A
- PISO - 9 : ITM 3x80A

Anexo 2:

Simulación de carga (fan coil) en temporada de verano (19° C)



Anexo 3:

Norma Técnica de Calidad de Servicio Eléctrico (Tolerancia de variación de tensión)

TENSION

Variación Sostenida de Tensión (ΔV_k)

$$\Delta V_k (\%) = [(V_k - V_N) / V_N] * 100\%$$

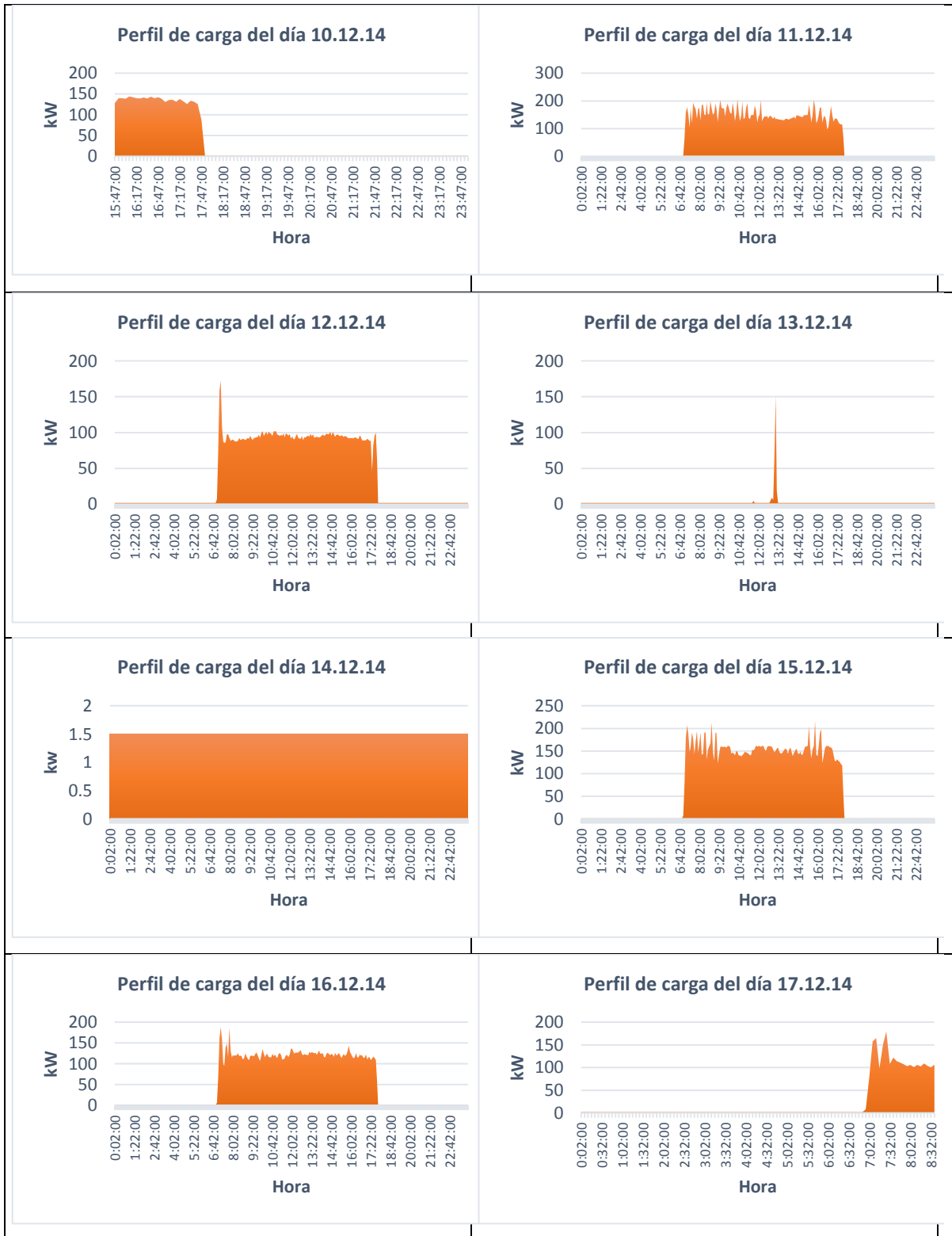
Expresada en : %

Periodo de Control	:	mensual
Periodo de medición	:	7 días
Intervalo de medición	:	15 minutos
Tolerancias	:	Urbano $\pm 5\%$ Urbano/Rural $\pm 7.5\%$

MEM / DGE / DN

Anexo 4:

Perfiles de carga del chiller durante siete días.



Anexo 5:

Certificado de equipos analizadores de redes utilizados en el proyecto.

Modelo: PowerQ4 Plus MI 2792 | S/N: 11160270


Calibration Certificate

Model: PowerQ4 Plus MI 2792

Date: 04.02.2014

Serial No.: 11160270

Performed By: Jernej Sedej

Signature: 

Date Placed In Service: _____

Due Date: _____

Metrel Recommended Cal Interval: 12 months

* The due date may be established (by the customer) by adding the "Recommended Cal Interval" to the "Date Placed In Service."

Outlook, keys, battery indication, charging current	PASS
Common mode rejection	PASS
1-wire communication check (flex clamps)	PASS
GPS, GPRS	PASS
Temperature probe	PASS

Voltage measuring (f = 50 Hz) All readings were carried out with PowerView.

Reference	Low limit	Reading				High limit	Uncertainty	Units
		L1 - N	L2 - N	L3 - N	EARTH - N			
Range: 50 - 110 V L-N								
5,00	4,98	5,00	5,00	5,00	5,00	5,02	0,01	V
110,03	109,81	110,02	110,01	110,04	110,02	110,25	0,02	V
150,03	149,73	150,02	150,01	150,04	150,00	150,33	0,02	V
Range: 110 - 240 V L-N								
11,00	10,95	11,01	11,00	11,00	11,00	11,05	0,01	V
230,00	229,54	229,98	230,00	230,02	229,91	230,46	0,05	V
320,05	319,41	320,05	320,15	320,23	320,04	320,69	0,07	V
Range: 240 - 1000 V L-N								
24,01	23,89	24,01	24,00	24,00	24,00	24,13	0,01	V
249,96	249,46	249,92	249,92	249,97	249,84	250,46	0,05	V
499,94	498,94	499,94	499,95	499,98	499,86	500,94	0,09	V

Current measuring (f = 50 Hz) All readings were carried out with PowerView.

Reference	Low limit	Reading				High limit	Uncertainty	Units
		I1	I2	I3	IN			
Range: 100 A								
50,00 mV	49,88	50,03	50,02	50,00	50,04	50,12	0,02	A
100,00 mV	99,75	100,04	100,02	99,97	100,07	100,25	0,03	A
200,00 mV	199,50	200,05	200,05	199,90	200,11	200,50	0,04	A
Range: 1000 A								
50,00 mV	49,88	49,98	50,01	49,99	50,00	50,12	0,04	A
1000,0 mV	997,5	999,9	999,8	999,8	999,8	1002,5	0,1	A
2000 mV	1995	2000	2000	2000	2000	2005	1	A

Frequency measuring (U1 = 110 V, I1 = 1000 A, U12 = 320 V)

Settings	Reference	Low limit	Reading	High limit	Uncertainty	Units
Synchronization: U1, Connection: 4W	50,000	49,990	49,996	50,010	0,006	Hz
Synchronization: I1, Connection: 4W	50,000	49,990	49,996	50,010	0,006	Hz
Synchronization: U12, Connection: 3W	50,000	49,990	49,996	50,010	0,006	Hz

All results in accordance with technical specification.

Reference instruments:

No.	Instrument	Type
1	Reference multimeter	8508A, Fluke

Certificate No.	Due
033873	31.10.2013



Measurement and Regulation Equipment Manufacturers

METREL d.d.
Ljubljanska c. 77
SI - 1354 HORJUL
SLOVENIA

Tel.: (+386 1) 7558 200
Fax.: (+386 1) 7549 095
http://www.metrel.si
e-mail: metrel@metrel.si

Modelo: PowerQ4 MI 2592 | S/N: 10090330

Calibration Certificate

Model: PowerQ4 MI 2592

Date: 14.03.2014

Serial No.: 10090330

Performed By: Gašper Peklenk

Signature: *P*

Date Placed In Service: _____ Due Date: _____*

Metrel Recommended Cal Interval: 12 months

* The due date may be established (by the customer) by adding the "Recommended Cal Interval" to the "Date Placed In Service."

Outlook, keys, battery indication, charging current **PASS**

Common mode rejection **PASS**

1-wire communication check (flex clamps) **PASS**

Voltage measuring (f = 50 Hz) All readings were carried out with PowerView.

Reference	Low limit	Reading				High limit	Uncertainty	Units
		L1 - N	L2 - N	L3 - N	EARTH - N			
Range: 50 - 110 V L-N								
5,00	4,98	5,00	5,00	5,00	5,00	5,02	0,01	V
110,03	109,81	110,02	110,01	110,00	110,00	110,25	0,02	V
150,03	149,73	150,02	150,01	150,00	150,01	150,33	0,02	V
Range: 110 - 240 V L-N								
11,00	10,95	11,01	11,00	11,00	11,00	11,05	0,01	V
230,00	229,54	229,99	230,00	229,93	229,94	230,46	0,05	V
320,05	319,41	320,07	320,08	320,04	319,96	320,69	0,07	V
Range: 240 - 1000 V L-N								
24,01	23,89	24,03	24,00	24,03	24,01	24,13	0,01	V
249,96	249,46	249,96	249,95	249,95	249,98	250,46	0,05	V
499,94	498,94	500,11	500,05	500,00	500,05	500,94	0,09	V

Current measuring (f = 50 Hz) All readings were carried out with PowerView.

Reference	Low limit	Reading				High limit	Uncertainty	Units
		I1	I2	I3	IN			
Range: 100 A								
50,00 mV	49,88	49,98	50,06	50,06	50,00	50,12	0,02	A
100,00 mV	99,75	99,98	100,10	100,13	100,01	100,25	0,03	A
200,00 mV	199,50	199,94	200,17	200,24	200,04	200,50	0,04	A
Range: 1000 A								
50,00 mV	49,88	49,99	50,01	49,95	50,01	50,12	0,04	A
1000,0 mV	997,5	999,9	1000,0	999,8	999,8	1002,5	0,1	A
2000 mV	1995	2000	2000	2000	2000	2005	1	A

Frequency measuring (U1 = 110 V, I1 = 1000 A, U12 = 320 V)

Settings	Reference	Low limit	Reading	High limit	Uncertainty	Units
Synchronization: U1, Connection: 4W	50,000	49,990	49,996	50,010	0,006	Hz
Synchronization: I1, Connection: 4W	50,000	49,990	49,996	50,010	0,006	Hz
Synchronization: U12, Connection: 3W	50,000	49,990	49,996	50,010	0,006	Hz

All results in accordance with technical specification.

Reference instruments:

No.	Instrument	Type	Certificate No.	Due
1	Reference multimeter	8508A, Fluke	027241	20.07.2014



METREL d.d.
Ljubljanska c. 77
SI - 1354 HORJUL
SLOVENIA
Tel.: +386 1 7558 200
Fax.: +386 1 7549 095
http://www.metrel.si
e-mail: metrel@metrel.si

Modelo: PowerQ4 MI 2592| S/N: 12400905

Calibration Certificate

Model: PowerQ4 MI 2592

Date: 21.05.2014

Serial No.: 12400905

Performed By: Jernej Sedej

Signature: 

Date Placed In Service: _____ Due Date: _____*

Metrel Recommended Cal Interval: 12 months

* The due date may be established (by the customer) by adding the "Recommended Cal Interval" to the "Date Placed In Service."

Outlook, keys, battery indication, charging current **PASS**

Common mode rejection **PASS**

1-wire communication check (flex clamps) **PASS**

Voltage measuring (f = 50 Hz) All readings were carried out with PowerView.

Reference	Low limit	Reading				High limit	Uncertainty	Units
		L1 - N	L2 - N	L3 - N	EARTH - N			
Range: 50 - 110 V L-N								
5,00	4,98	5,00	5,00	5,00	5,00	5,02	0,01	V
110,03	109,81	110,02	110,03	110,00	110,02	110,25	0,02	V
150,03	149,73	150,03	150,04	150,00	150,02	150,33	0,02	V
Range: 110 - 240 V L-N								
11,00	10,95	11,00	10,99	11,00	11,00	11,05	0,01	V
230,00	229,54	229,95	229,98	230,00	230,03	230,46	0,05	V
320,05	319,41	320,00	320,05	320,09	320,11	320,69	0,07	V
Range: 240 - 1000 V L-N								
24,01	23,89	24,01	23,99	24,02	24,01	24,13	0,01	V
249,96	249,46	250,01	249,99	250,03	249,97	250,46	0,05	V
499,94	498,94	500,02	500,02	500,09	500,03	500,94	0,09	V

Current measuring (f = 50 Hz) All readings were carried out with PowerView.

Reference	Low limit	Reading				High limit	Uncertainty	Units
		I1	I2	I3	IN			
Range: 100 A								
50,00 mV	49,88	50,03	50,03	50,09	50,05	50,12	0,02	A
100,00 mV	99,75	100,03	100,03	100,08	100,06	100,25	0,03	A
200,00 mV	199,50	200,05	199,99	200,10	200,08	200,50	0,04	A
Range: 1000 A								
50,00 mV	49,88	50,00	50,03	50,01	50,00	50,12	0,04	A
1000,0 mV	997,5	999,8	999,8	999,7	999,9	1002,5	0,1	A
2000 mV	1995	2000	2000	2000	2000	2005	1	A

Frequency measuring (U1 = 110 V, I1 = 1000 A, U12 = 320 V)

Settings	Reference	Low limit	Reading	High limit	Uncertainty	Units
Synchronization: U1, Connection: 4W	50,000	49,990	49,996	50,010	0,006	Hz
Synchronization: I1, Connection: 4W	50,000	49,990	49,996	50,010	0,006	Hz
Synchronization: U12, Connection: 3W	50,000	49,990	49,996	50,010	0,006	Hz

All results in accordance with technical specification.

Reference instruments:

No.	Instrument	Type
1	Reference multimeter	8508A, Fluke

Certificate No.	Due
038132	31.10.2013



Measurement and Regulation Equipment Manufacturers

METREL d.d.
Ljubljanska c. 77
SI - 1354 HORJUL
SLOVENIA

Tel.: (+386 1) 7558 200
Fax.: (+386 1) 7549 095
<http://www.metrel.si>
e-mail: metrel@metrel.si

Modelo: PowerQ4 MI 2592| S/N: 13140601


Calibration Certificate

Model: PowerQ4 MI 2592

Date: 13.06.2014

Serial No.: 13140601

Performed By: Jernej Sedej

Signature: 

Date Placed In Service: _____ Due Date: _____ *

Metrel Recommended Cal Interval: 12 months

* The due date may be established (by the customer) by adding the "Recommended Cal Interval" to the "Date Placed In Service."

Outlook, keys, battery indication, charging current **PASS**

Common mode rejection **PASS**

1-wire communication check (flex clamps) **PASS**

Voltage measuring (f = 50 Hz) All readings were carried out with PowerView.

Reference	Low limit	Reading				High limit	Uncertainty	Units
		L1 - N	L2 - N	L3 - N	EARTH - N			
Range: 50 - 110 V L-N								
5,00	4,98	5,00	5,00	5,00	5,00	5,02	0,01	V
110,03	109,81	110,04	110,03	110,02	110,03	110,25	0,02	V
150,03	149,73	150,04	150,04	150,02	150,03	150,33	0,02	V
Range: 110 - 240 V L-N								
11,00	10,95	11,00	11,00	10,99	11,00	11,05	0,01	V
230,00	229,54	229,96	230,04	229,95	229,97	230,46	0,05	V
320,05	319,41	319,99	320,10	319,90	320,03	320,69	0,07	V
Range: 240 - 1000 V L-N								
24,01	23,89	24,01	23,99	24,00	24,00	24,13	0,01	V
249,96	249,46	249,98	249,96	249,95	249,83	250,46	0,05	V
499,94	498,94	499,96	499,85	499,81	499,82	500,94	0,09	V

Current measuring (f = 50 Hz) All readings were carried out with PowerView.

Reference	Low limit	Reading				High limit	Uncertainty	Units
		I1	I2	I3	IN			
Range: 100 A								
50,00 mV	49,88	50,02	50,08	50,07	50,00	50,12	0,02	A
100,00 mV	99,75	100,01	100,11	100,03	100,01	100,25	0,03	A
200,00 mV	199,50	200,01	200,20	200,04	200,02	200,50	0,04	A
Range: 1000 A								
50,00 mV	49,88	50,04	50,02	50,05	49,98	50,12	0,04	A
1000,0 mV	997,5	1000,1	999,8	999,9	1000,0	1002,5	0,1	A
2000 mV	1995	2000	2000	2000	2000	2005	1	A

Frequency measuring (U1 = 110 V, I1 = 1000 A, U12 = 320 V)

Settings	Reference	Low limit	Reading	High limit	Uncertainty	Units
Synchronization: U1, Connection: 4W	50,000	49,990	49,996	50,010	0,006	Hz
Synchronization: I1, Connection: 4W	50,000	49,990	49,996	50,010	0,006	Hz
Synchronization: U12, Connection: 3W	50,000	49,990	49,996	50,010	0,006	Hz

All results in accordance with technical specification.

Reference instruments:

No.	Instrument	Type	Certificate No.	Due
1	Reference multimeter	8508A, Fluke	038132	31.07.2013



Measurement and Regulation Equipment Manufacturers

METREL d.d.
Ljubljanska c. 77
SI - 1354 HORJUL
SLOVENIA

Tel.: (+386 1) 7558 200
Fax.: (+386 1) 7549 095
<http://www.metrel.si>
e-mail: metrel@metrel.si

Anexo 6:

Detalle de partes y accesorios de analizador de redes utilizado en el proyecto.

✓ Panel frontal



Imagen N° 1. Panel frontal

1.	Pantalla LCD	Pantalla gráfica con retroiluminación LED, 320x200 P.
1.	F1 – F4	Teclas de función.
2.	FLECHAS	Desplazan el cursor y seleccionan los parámetros.
3.	Tecla ENTER	Confirma los nuevos ajustes, salir de los submenús.
4.	Tecla ESC	Sale de cualquier procedimiento.
5.	Tecla LUZ	Enciende/apaga retroiluminación de la pantalla LCD.
6.	Tecla ON/OFF	Enciende/apaga el instrumento.

✓ Panel de conectores

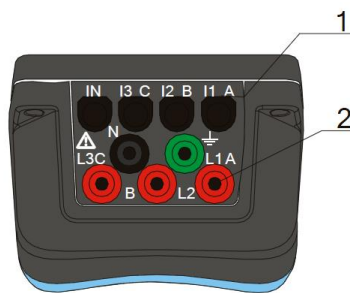


Imagen N° 2. Panel de conectores superior

1.	Terminales de entrada de transformadores de corriente de pinza (I_1 , I_2 , I_3 , I_N)
2.	Terminales de entrada de tensión (L_1 , L_2 , L_3 , N , GND)

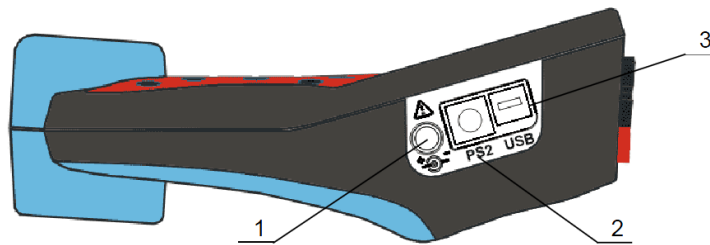


Imagen N° 3. Panel de conectores lateral

1.	Toma para la alimentación externa.
2.	Conector serial PS-2 – RS-232.
3.	Conector USB.

✓ **Accesorios**

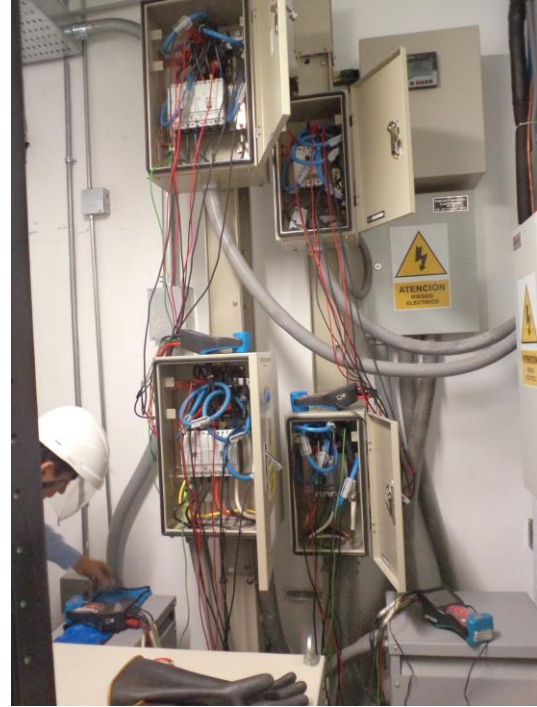
Descripción	Unidades
Pinzas de corriente flexibles de 3000/300/30A A1227	4
Puntas de prueba – rojas	3
Punta de prueba – negra	1
Puntas de cocodrilo – rojas	3
Punta de cocodrilo – negra	1
Punta de cocodrilo – verde	1
Cables de medición de tensión - rojos	3
Cables de medición de tensión - negros	1
Cables de medición de tensión - verdes	1
Cable USB	1
Cable RS-232	1
Adaptador de alimentación 12V/1,2A	1
Pilas recargables	6
Funda de transporte	1
Manual de instrucciones del PowerQ4	1
Programa de software.	1

Anexo 7:

A continuación se muestran fotografías tomadas en el transcurso del proyecto.



Tableros generales



Tableros de ducto barra



Chiller - Carrier

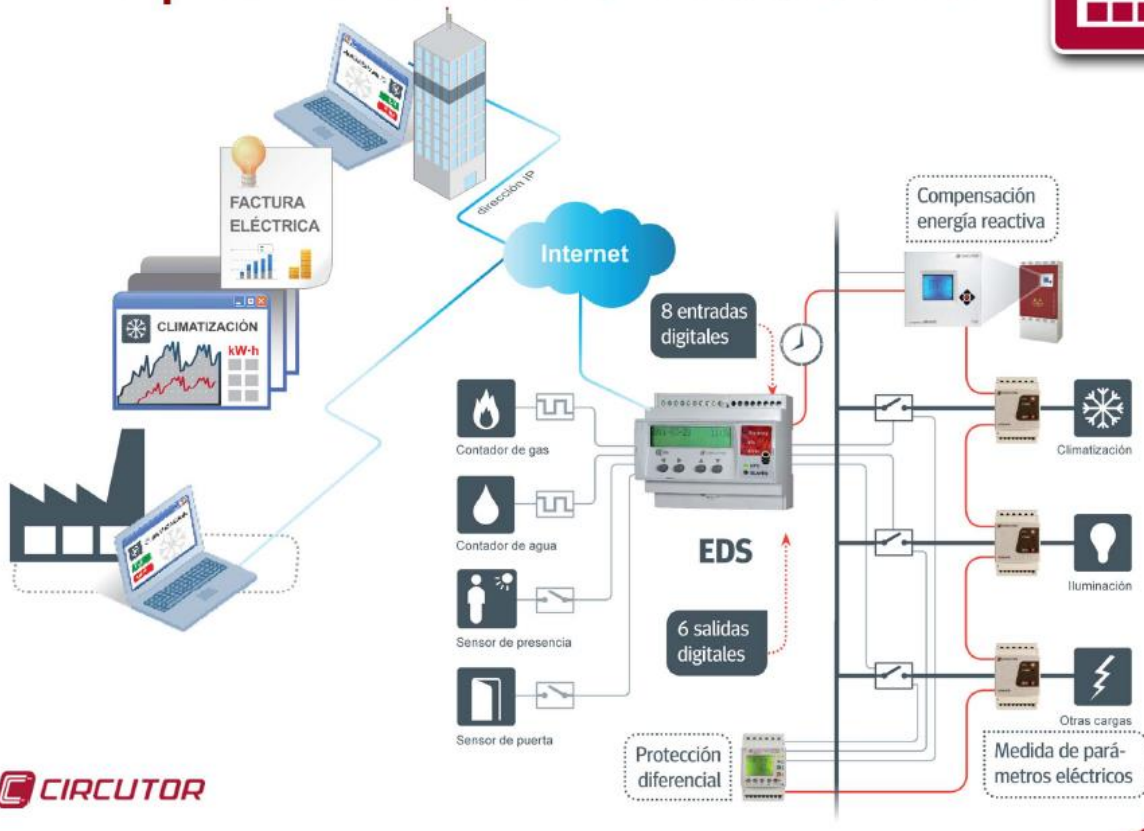


Tableros de distribución

Anexo 8:

A continuación se detalla instalación típica de gestor energético en una industria.

aplicación EDS Industria



CIRCUTOR