

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
RECINTO UNIVERSITARIO SIMÓN BOLÍVAR
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TESIS MONOGRÁFICA PARA OPTAR AL TÍTULO DE

INGENIERO ELÉCTRICO



TÍTULO:

“COMPENSACIÓN AUTOMÁTICA DE ENERGÍA REACTIVA EN EL
CIRCUITO DE MATADERO NUEVO CARNIC S.A.”.

Elaborado por:

Br. Herrera Reyes Francisco Ernesto N°: 2016-0322U

Br. Rizo Hernández Kevin Francisco N°: 2012-41662

Tutor: Ing. Alejandro Hernández Solís

Managua, Nicaragua

Febrero de 2023

Agradecimiento

En primer lugar, damos gracias a Dios, por habernos guiado y darnos la fuerza durante el proceso de aprendizaje y llevar a cabo este trabajo producto de nuestro esfuerzo.

A nuestro tutor, el Ingeniero Alejandro Hernández, quien con su experiencia, conocimiento y motivación nos orientó en la investigación.

Y en general, a todas aquellas personas que de una u otra manera y de forma incondicional, aportaron un granito de arena para hacer realidad este trabajo.

Dedicatorias

Me gustaría dedicar especialmente este trabajo a DIOS pilar fundamental durante la realización de este trabajo, quién como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

A mis padres por haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron. Les dedico este trabajo de con todo cariño, por llenar mi vida con sus valiosos consejos en ocasiones regaños sin obviar su aporte económico. sus esfuerzo y años de trabajo se reflejan hoy al estar a punto de culminar un peldaño más de mi vida.

A mi abuelita, tía y hermanos quienes estuvieron pendiente de mí, me brindaron de, su amistad de una u otra manera su colaboración se involucraron en este proyecto motivándome siempre hacia adelante. Todos en conjunto me hicieron ver, que sin importar cuanto tiempo me tome, todo se puede si de verdad se quiere.

Finalmente, mi compañero de trabajo por el tiempo y aprendizaje durante el desarrollo de este trabajo

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado a lo largo de esta travesía y significativa experiencia en mi vida.

Francisco Ernesto Herrera Reyes

A ti te debo esto y más...

Kevin Francisco Rizo Hernández

"Cada logro comienza con la decisión de intentarlo".
Gail Devers.

Tema:

**Compensación automática de energía reactiva en el circuito de
matadero Nuevo Carnic S.A.**

Contenido

Capítulo 1.....	1
Introducción e información general.....	1
1.1. Introducción	2
1.2. Antecedentes	4
1.3. Justificación.....	5
1.4. Objetivos	8
1.4.1. Objetivo General.....	8
1.4.1. Objetivos específicos.....	8
Capítulo 2.....	9
Generalidades en bancos de capacitores.....	9
2.1. Tipos de cargas.....	10
2.2. Relación entre el factor de potencia y tipos de cargas en los circuitos eléctricos.....	11
2.2.1. Cargas resistivas.....	11
2.2.2. Cargas inductivas.....	13
2.2.3. Cargas capacitivas.....	15
2.2.4. Cargas combinadas.....	16
2.3. Tipos de potencia	17
2.3.1. Potencia activa (P)	17
2.3.2. Potencia reactiva (Q).....	18
2.3.3. Potencia aparente (S)	19
2.3.4. El triángulo de potencia	20
2.4. Métodos de compensación de potencia reactiva	22
2.4.1. Compensación de potencia reactiva mediante máquinas síncronas.....	22
2.4.2. Compensación de potencia reactiva mediante cev's.....	23

2.4.3.	Compensación de potencia reactiva mediante bancos de capacitores	23
2.5.	Corrección del factor de potencia.....	23
2.5.1.	Factor de potencia.....	23
2.5.2.	Planteamiento analítico para la corrección del factor de potencia.....	26
2.6.	Definición de un capacitor	29
2.6.1.	Energía almacenada	31
3.1.1.	Capítulo.3	32
	Selección de bancos de capacitores. 	32
3.1.	Componentes de un capacitor de potencia.	33
3.2.	Conexión de los bancos capacitores.....	35
3.2.1.	Conexión estrella a tierra con neutro aterrizado.	35
3.2.2.	Conexión estrella con neutro flotante.	36
3.2.3.	Conexión delta.	37
3.3.	Selección del banco de capacitores	38
3.4.	Efecto de resonancia.....	42
3.4.1.	Resonancia serie.....	42
3.4.2.	Resonancia en paralelo.	43
3.5.	Componentes armónicas	45
	Capítulo 4.....	49
	Generalidades de empresa Nuevo Carnic S.A.	49
4.1.	Generalidades de instalación Eléctrica de Nuevo Carnic S.A.	50
4.1.1.	Medición primaria.....	52
4.1.2.	Recloser.....	53
4.1.3.	Centro de transformación T1	54
4.1.4.	Centro de transformación T2	55

4.1.5.	Centro de transformación T3	56
4.1.6.	Centro de transformación T4	57
4.1.7.	Centro de transformación T5	58
4.1.8.	Centro de transformación T6	59
4.1.9.	Centro de transformación T7	60
4.1.10.	Centro de transformación T8.....	61
4.1.11.	Centro de transformación T9.....	62
4.1.12.	Centro de transformación T10.....	63
4.1.13.	Centro de transformación T11.....	64
4.1.14.	Centro de transformación T13.....	65
4.1.15.	Centro de transformación T14.....	67
4.1.16.	Centro de transformación T15.....	68
Capítulo 5.....		69
Análisis y presentación de resultados.		69
5.1. Análisis de resultados obtenidos		72
5.1.1. Centro de transformación T1		72
5.1.2. Centro de transformación T2		72
5.1.3. Centro de transformación T3		74
5.1.4. Centro de transformación T4		76
5.1.5. Centro de transformación T6		78
5.1.6. Centro de transformación T7		80
5.1.7. Centro de transformación T8		82
5.1.8. Centro de transformación T9		85
5.1.9. Centro de transformación T10		86
5.1.10. Centro de transformación T11.....		88

5.1.11.	Centro de transformación T13.....	91
5.1.12.	Centro de transformación T14.....	93
5.1.13.	Centro de transformación T15.....	93
5.2.	Presentación de datos equivalentes de circuito Nuevo Carnic.....	96
5.2.1.	Análisis de datos Equivalentes.....	96
5.3.	Cálculo de compensación necesaria según índice de carga	98
5.3.1.	Compensación fija	98
5.3.2.	Compensación variable.....	102
5.3.3.	Compensación en sistemas con armónicas	103
Capítulo 6.....		115
Propuesta de Mejora.		115
6.1.	Beneficios de la aplicación de banco de capacitores.....	116
6.1.1.	Control de tensión.....	116
6.1.2.	Incremento en la capacidad del sistema.....	117
6.1.3.	Reducción de pérdidas	119
6.1.4.	Reducción de costos por facturación.	123
6.2.	Implicaciones de implementación de sistema de compensación.	124
6.2.1.	Implementación de bancos de capacitores automáticos tipo poste.....	124
6.2.2.	Componentes de los equipos primarios.	124
6.3.	Costos de implementación.	128
Conclusiones.....		131
Recomendaciones.		132
Bibliografía y Web grafía.		133
Anexos.		136

Capítulo 1.

Introducción e información general.

1.1.Introducción

Los sistemas de compensación de potencia reactiva tienen la finalidad de aportar energía reactiva para que el conjunto de la instalación presente un factor de potencia deseado, en general la unidad o cercano a la unidad. Obteniendo con ello una bonificación en la factura de consumo eléctrico y así evitar penalizaciones en la factura eléctrica

En la actualidad se hace más frecuente la necesidad de utilizar compensadores de potencia reactiva en sistemas industriales debido a la diversidad de cargas existentes, por ejemplo al energizar un motor de gran capacidad este requiere una alta potencia reactiva para poder funcionar, estas cargas no lineales son las más perjudiciales puesto que son cargas del tipo inductivo y como consecuencia consumen gran cantidad de potencia reactiva para su funcionamiento, ocasionando un bajo factor de potencia, caída de tensión en las líneas del sistema, lo cual se refleja en pérdidas monetarias considerables además de la disminución de la vida útil de los equipos, algunas cargas típicas que requieren compensación son los hornos de arco, los molinos de acero, los transportadores de minas y en especial motores de gran capacidad, siendo estos últimos el más significativo consumidor de potencia reactiva

El presente trabajo tiene como propósito desarrollar un estudio de cargas eléctricas que permita dimensionar un banco de capacitores para la compensación de reactivos del sistema eléctrico del matadero NUEVO CARNIC S.A. El campo de aplicación de este método está dirigido a los consumidores de energía eléctrica media tensión, no obstante, se puede implementar a empresas con suministro de energía eléctrica en cualquier tarifa en donde la distribuidora aplique cargos por bajo factor de potencia.

NUEVO CARNIC S.A es una empresa dedicada al sacrificio y despiece de ganado vacuno, así como a la elaboración y envasado de productos cárnicos y sus derivados, ubicada en la ciudad de Managua en el kilómetro 10.5 carretera norte, 1000 mts al norte (Portón no.2 Managua, 11056). Actualmente la factura por consumo de energía eléctrica asciende a C\$ 7,135,074.69 córdobas al mes, con un consumo de energía en horario punta de 105 000 KWh, consumo fuera de punta 1008000 KWh, registro de reactiva 529 200 KVAR, potencia punta 1302 KW, potencia fuera de punta 2772 KW; datos que representan los costos de facturación correspondiente al mes de mayo 2021 con tarifa aplicada de uso industrial (T5E-MT-Binomia-CMH).

El presente documento pretende promover la eficiencia eléctrica con un enfoque en la reducción de demanda de potencia reactiva y así reducir costos en la factura eléctrica de la empresa anteriormente mencionada.

Al realizar este estudio solo se tomarán en cuenta doce de quince puntos de transformación existentes en la planta, lo que incluye las áreas de administración, sala de máquinas, producción, subproductos, pozos, planta de tratamiento, sistema de aguas verdes, galerón de abonos, bodegas, planta de jabón, áreas de monitoreo, laboratorios, caseta principal, contenedores de refrigeración. No se tomarán en cuenta CT1 Centro de transformación uno ya que este es alimentación de un interruptor reconectador automático (RECLOSER), CT-5 Centro de transformación cinco está diseñado para respaldo una vez que falle la energía comercial, CT-14 centro de transformación catorce sirve de alimentación al área de generación fotovoltaica para uso de alumbrado.

Este estudio será llevado a cabo por dos estudiantes con la finalidad de agilizar las tareas y actividades enfocándose en primer lugar en la recolección de información a través de mediciones de campo, esto nos permitirá obtener el estado actual del sistema. Posteriormente a medida que se profundice en el tema analizaremos los datos obtenidos para hacer las consideraciones necesarias y así lograr cada alcance esperado en este trabajo.

1.2. Antecedentes

En el año 2019 NUEVO CARNIC S.A llevó a cabo una auditoria energética a través de una empresa contratista especializada en este tipo de estudios con la finalidad de establecer un análisis de calidad de la energía. En esta auditoría se realizó lectura y estudio de cargas en cada centro de transformación mediante equipos auxiliares para tales mediciones, concluyendo lo siguiente:

- El 50% de los transformadores está en uso deficiente, por debajo respecto a lo técnicamente aceptable el 70% y 95% en condiciones óptimas de explotación y en lapsos momentáneos de hasta un 120% en régimen de sobrecarga.
- El 66% de los puntos medidos tiene un mal factor de potencia por debajo de lo normado que es 0.85 en atraso.
- La tarifa asignada por la distribuidora a la empresa es T5E-MT-INDUSTRIA MAYOR BINOMIA con discriminación horaria, la que está acorde al pliego tarifario vigente y a la potencia y uso del suministro.
- La demanda registrada total es de 1.68 MW, su carga contratada a DISNORTE-DISSUR es de 1.275 MW.
- La energía registrada total es de 167,611 kWh en 4 horas de registro promedio.

El matadero NUEVO CARNIC S.A durante 2020 ha invertido 1,5 millones de dólares para instalar una granja solar con potencia instalada de 1,2 MW, lo que le ha permitido una disminución anual de las emisiones de gases de efecto invernadero de 1291 toneladas de dióxido de carbono (CO₂). Con este proyecto la empresa ha sustituido el 20% del uso de energía convencional a partir de recursos no renovables (petróleo).

Por otra parte, la empresa optó por el uso de sistemas más eficientes y económicos en consumo de energía como iluminación LED y equipos de refrigeración con compresores de alta eficiencia, todo esto enfocado en reducir sus altos costes de operación.

En el futuro, se tiene previsto realizar la segunda etapa del parque solar para crear un impacto positivo en Nicaragua, invirtiendo más recursos para reemplazar hasta el 40% del uso de energía tradicional en este matadero.

Es importante destacar que en lo que respecta a la compensación automática de reactiva, no hay antecedentes de instalación de reguladores automáticos en Nicaragua en un proyecto en específico como tal, ni se conoce su implementación en las redes actuales tampoco se cuenta con información relacionada en el centro de documentación (CEDOC) UNI.

Pero si existen antecedentes del uso de condensadores fijos en las redes de distribución y en la industria nicaragüense, en la norma ENEL encontramos el montaje de bancos de capacitores a partir del armado G-400 enfocados en redes distribución primaria con una y tres fases en niveles de tensión 7.6/13.2 kV a pesar que esta información es únicamente de carácter constructivo nos damos cuenta que se contempla el uso de estos en casos puntuales, actualmente en las redes de distribución de DN-DS existen bancos de capacitores fijos en ciertas derivaciones troncales, con el fin de optimizar sus niveles de tensión.

1.3. Justificación

La importancia de este estudio se fundamenta en la búsqueda de oportunidades de ahorro de energía eléctrica ya que actualmente el uso de la energía es indispensable en todos los sectores de la sociedad y la industria y sin ella el mundo que conocemos no podría seguir avanzando, sin embargo, sabemos que el uso de ésta significa altos costos de operación que nos obliga a utilizarla de manera adecuada y razonable.

El factor de potencia se corrige por causas económicas que beneficia tanto al usuario de energía eléctrica, como a la compañía suministradora. Para esto se debe elevar el factor de potencia a un valor cercano a la unidad. Es importante destacar que la introducción de cargas no-lineales a los sistemas eléctricos contribuyen de manera negativa a la eficiencia del mismo, al introducir corrientes armónicas que interactúan con la impedancia del sistema, provocando distorsiones de voltaje no deseadas por el usuario.

En la actualidad en DN-DS el área de planificación de la red es quien se encarga de llevar a cabo el análisis de comportamientos de la carga existente en un circuito mensualmente, y al hablar de capacitores estos se instalan en casos puntuales, cuando en sus estudios realizados detectan caída de voltaje tomando en cuenta niveles de tensión de $\pm 8\%$ al consumidor final se ven obligados a

tomar medidas en el asunto con el fin de mantener condiciones óptimas en la red entre ellos contemplan instalación de bancos de capacitores, repotenciación de conductor e instalación de reguladores de voltaje, esto en dependencia de cada caso particular según sus criterios propios.

Con nuestro trabajo en 2022 llevamos a cabo una auditoria energética con la finalidad de establecer un análisis de calidad de la energía. En esta auditoría se realizó lectura y estudio de cargas en cada centro de transformación mediante equipos auxiliares para tales mediciones, concluyendo lo siguiente:

- Se encontró que en el 75% de los paneles medidos hay desbalance de carga, es decir, no cumplen con el criterio técnico aceptable sobre desbalance permisible entre el 3%-5% para evitar disparos de protecciones en paneles por esta razón, además del trabajo deficiente de motores que se manifiesta en pérdidas de energía en forma de calor en los núcleos magnéticos (pérdidas por histéresis).
- 69% de los centros de transformación estudiados presentan baja cargabilidad (promedio cargabilidad de 30.16%), lo que significa un régimen de explotación muy bajo respecto a lo técnicamente aceptable que es entre el 70% y 95% de cargabilidad para explotación optima del banco y 95% - 120% en lapso momentáneo en sobrecarga.
- El 62% de los centros de carga tiene un bajo factor de potencia inferior a lo normado por la distribuidora que es 0.85 en atraso para evitar penalizaciones monetarias y las afectaciones técnicas por bajo Fp.
- La tarifa asignada por la distribuidora a la empresa es T5E-MT-INDUSTRIA MAYOR BINOMIA con discriminación horaria, no ha sido modificada y está acorde a su uso.
- La demanda máxima registrada es de 2.46 MW, la carga contratada con DISNORTE-DISSUR es de 2.462 MW.

Concluyendo este análisis se recomienda lo siguiente:

- Ejecutar un proyecto de balance de carga en todos los paneles afectados.
- Estudiar la posibilidad de hacer más eficientes los equipos de transformación a través de un proyecto de Optimización de potencia según la carga.
- Mejorar el factor de potencia en las cargas afectadas.

En el periodo 2019-2022 realizando una comparación entre ambos análisis realizados vemos que la empresa no ha logrado acertar con las recomendaciones indicadas, por lo que el índice elevado de energía reactiva del sistema está presente, por tal razón es necesidad buscar un método de compensación eficaz según las características de las cargas.

El área de mantenimiento y desarrollo de Nuevo Carnic tiene planificado duplicar la potencia de tres de sus centros de transformación, planta de jabón, cuartos fríos y administración esto equivaldría un incremento de hasta un 14% de demanda total del plantel, con esto implicaría mayores costos de facturación y mayor energía reactiva demandada, que al no establecer medidas acertadas una vez aumentada la carga en las instalaciones incurrirá en multa por bajo factor de potencia. Durante el desarrollo de este trabajo nos dimos cuenta que a partir de marzo 2023 la distribuidora pondría en marcha penalizaciones a aquellos consumidores que no cumplan con un $FP = 0.90$, textualmente esta normativa en su capítulo TRF 6.1.4 Factor de potencia: Las tarifas establecidas en los pliegos tarifarios rigen para el factor de potencia inductivo (coseno de ϕ) igual o superior a 0.85. Luego de 18 meses de la entrada en vigencia de esta normativa se pasará a utilizar coseno de ϕ de 0.90.

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Proponer el uso de compensación automática de energía reactiva en la empresa Nuevo Carnic, con el fin de mejorar la eficiencia y eficacia de los usos de la energía eléctrica ayudando a reducir los altos costos de facturación de energía.

1.4.1. Objetivos específicos.

- Realizar un diagnóstico de consumo en el circuito para medición y análisis de parámetros eléctricos tales como Voltaje, corriente, factor de potencia, potencia activa, potencia reactiva y potencia aparente.
- Comparar la viabilidad técnica entre el uso de banco de capacitores automático versus banco de capacitores fijo, así como los diferentes tipos de bancos de cada categoría, sus conexiones.
- Seleccionar de manera adecuada cada banco de capacitor según el criterio obtenido del estudio de los parámetros fundamentales de la energía, visto desde el punto de vista técnico-económico.
- Presentar los beneficios técnico-económicos del uso y selección correcta de bancos de capacitores en la industria, mostrando la reducción de coste de operación y retorno a través de un informe.

Capítulo 2.

Generalidades en bancos de capacitores.

En este capítulo se analizan las cargas conectadas a la red eléctrica, algunas de estas cargas provocan variaciones en la forma de onda de tensión y corriente, los métodos para Efectuar una compensación de potencia reactiva y como se corrige el factor de potencia, Estos conceptos serán de gran utilidad para el estudio de capítulos posteriores.

2.1. Tipos de cargas

Una carga es un elemento que consume energía eléctrica, en general existen dos tipos de cargas dentro de los sistemas eléctricos: cargas lineales y cargas no lineales. Una carga es lineal cuando la tensión aplicada a sus extremos y la corriente que pasan por ella están estrechamente relacionadas. Por el contrario, una carga no lineal es cuando la relación tensión-corriente no es constante.

Las cargas no lineales conectadas a la red de corriente alternan absorben corrientes que no son senoidales.

Algunas cargas típicas no lineales son:

- Equipos electrónicos, generalmente monofásicos, que internamente trabajan con corriente continua (PLC's, Computadores, Rectificadores, UPS, impresoras, etc.).
- Instalaciones de iluminación con lámparas de descarga.
- Maquinas eléctricas con núcleos de hierro (Transformadores, reactores), cuya curva de magnetización es no lineal.

2.2.Relación entre el factor de potencia y tipos de cargas en los circuitos eléctricos.

En términos generales pueden distinguirse tres tipos de cargas eléctricas al conectar un equipo a una red, por la cual, circula corriente eléctrica expresada en amperes (A) y tensión expresada en volts (V).

2.2.1. Cargas resistivas.

Tales cargas son referidas como si tuvieran una resistencia eléctrica designada con la letra R y expresada en Ohm (Ω). Las cargas resistivas pueden encontrarse en equipos como lámparas incandescentes, planchas y estufas eléctricas, en donde la energía que requieren para funcionar es transformada en energía lumínica o energía calorífica, en cuyo caso el factor de potencia toma el valor de 1.0.

En un circuito puramente resistivo, la corriente está en fase con la tensión y es función inmediata de la tensión. Por lo tanto, si la tensión y la corriente están en fase, tenemos que:

$$I = \frac{V}{R}$$

En donde:

I = Corriente eléctrica (A).

V = Tensión eléctrica (V).

R = Resistencia eléctrica (Ω).

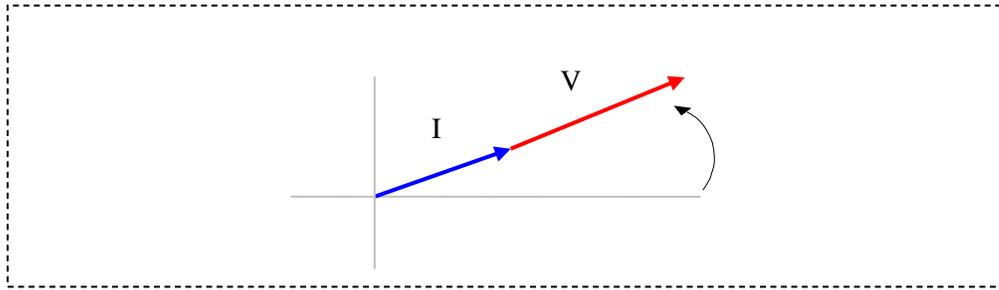


Ilustración 1. Diagrama fasorial de un circuito resistivo.

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia eléctrica absorbe potencia en Watts igual a:

$$P = VI = RI^2 = \frac{V^2}{R}$$

En donde:

P = Potencia activa (W).

Las cargas de tipo resistivo que se encuentran más comúnmente en los sistemas eléctricos ya sea residencial, industrial o comercial son los siguientes:

- Hornos y cocinas eléctricas.
- Calefactores.
- Planchas.
- Lámparas y bombillos incandescentes.

A continuación, se muestran las ondas senoidales de tensión y corriente eléctrica en función del tiempo y el desfase que existe entre ellas, la cual es igual a cero, es decir, se encuentran en fase.

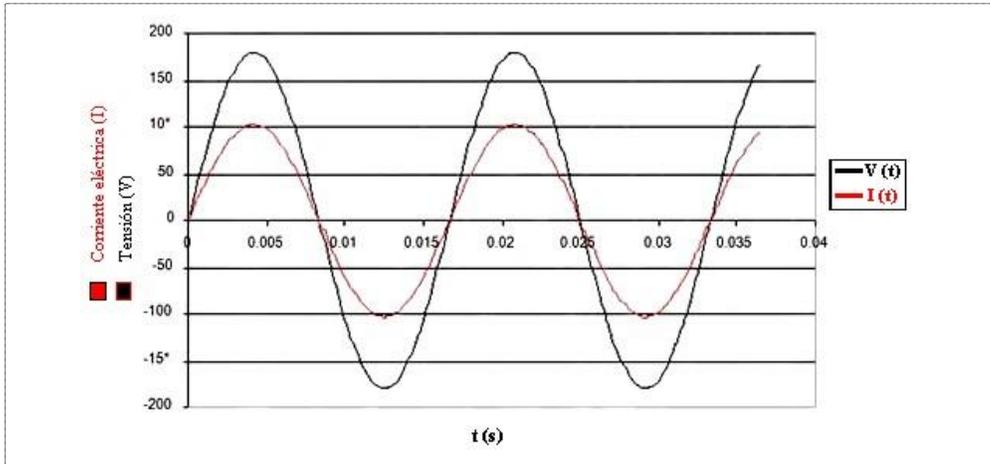


Ilustración 2. Onda de tensión y corriente en fase.

Fuente: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/armonicos-electricos.html>

2.2.2. Cargas inductivas.

Las cargas inductivas son encontradas en cualquier lugar donde haya bobinados involucrados, por ejemplo, en los equipos del tipo electromecánicos como los motores, balastos, transformadores, entre otros; además de consumir potencia activa, requieren potencia reactiva para su propio funcionamiento, por lo cual trabajan con un factor de potencia menor a 1.0. Considerándose por lo tanto que las cargas inductivas, sean el origen del bajo factor de potencia (menores a 0.9). En un circuito puramente inductivo la corriente no está en fase con la tensión ya que va atrasada 90° con respecto a la tensión.

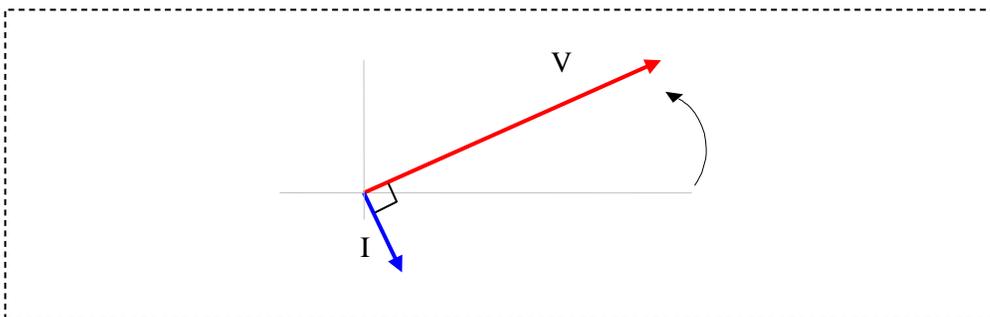


Ilustración 3. Diagrama fasorial de un circuito inductivo.

Fuente: Elaboración propia.

Algunos equipos de cargas del tipo inductivo son los siguientes:

- Transformadores.
- Motores de inducción.
- Lámparas fluorescentes o de descarga.
- Soldadores de corriente alterna.

A continuación, se muestran las ondas senoidales de tensión y corriente eléctrica en función del tiempo y el desfase de 90° de la corriente con respecto a la tensión.

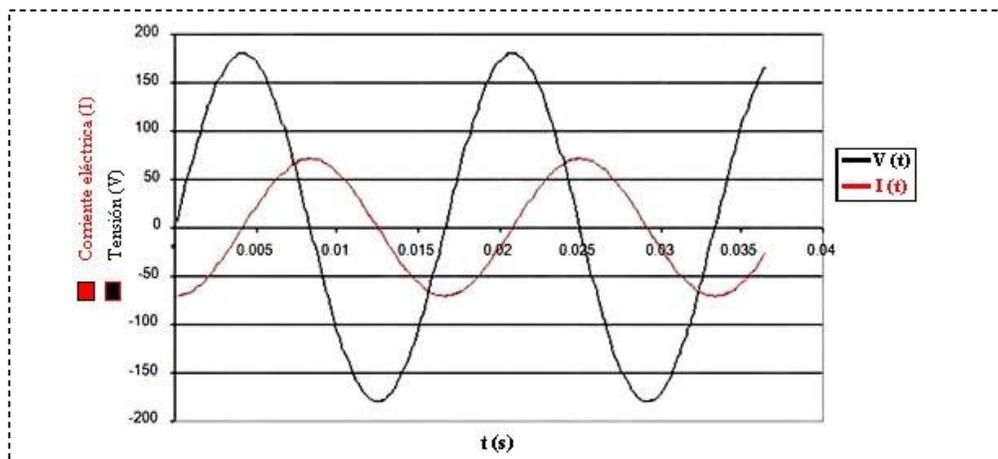


Ilustración 4. Onda de corriente atrasada 90° con respecto a la tensión.

Fuente: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/armonicos-electricos.html>

2.2.3. Cargas capacitivas.

Las cargas capacitivas se presentan en los capacitores y se caracterizan porque la corriente se haya adelantada respecto de la tensión 90° .

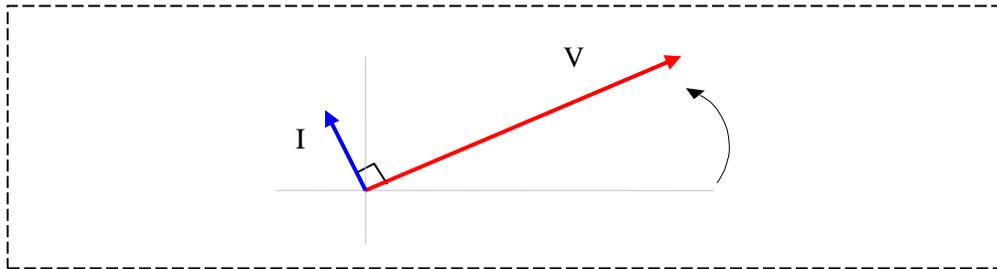


Ilustración 5. Diagrama fasorial de un circuito capacitivo.

Fuente: Elaboración propia.

Las cargas de tipo capacitivo son:

- Bancos de capacitores.
- Motores síncronos.

En un circuito puramente capacitivo, no existe consumo de energía aún si hay corriente circulando. Las cargas capacitivas generan potencia reactiva expresada en volts amperes reactivos (VAr). En la figura 6, se muestran las ondas senoidales de tensión y corriente eléctrica en función del tiempo, para este caso la corriente se adelanta 90° con respecto a la tensión.

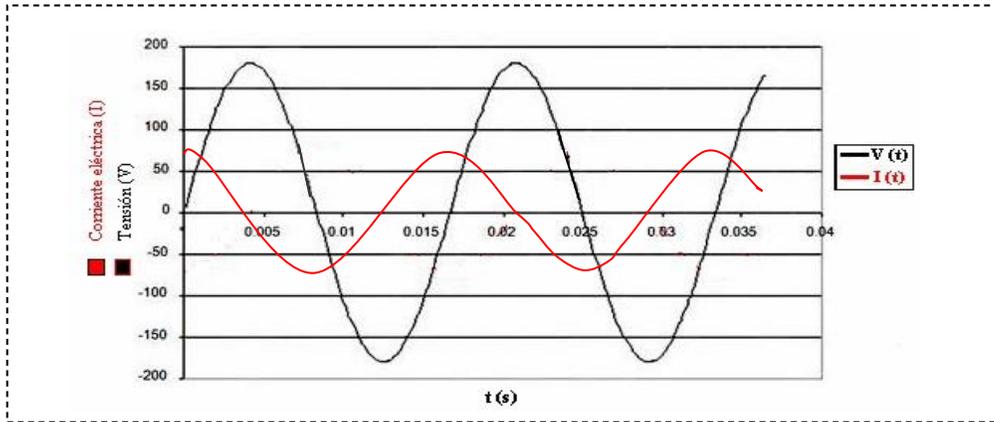


Ilustración 6. Onda de corriente adelantada 90 ° con respecto a la tensión.

Fuente: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/armonicos-electricos.html>

2.2.4. Cargas combinadas.

En la práctica una carga no está constituida solamente por cargas resistivas, inductivas o capacitivas, ya que estas tres cargas con frecuencia coexisten en los circuitos eléctricos. Sin embargo, para el caso de una industria la carga más predominante es la carga inductiva, de ahí que sea el factor por el cual se realiza este trabajo. Las diversas cargas son usualmente abastecidas directamente de la red principal de suministro eléctrico, sin embargo, el suministro de potencia reactiva puede ser suministrado por equipos conectados en un punto de la red eléctrica, normalmente se utiliza para ello los bancos de capacitores que son fuentes suministradoras de potencia reactiva.

2.3. Tipos de potencia

2.3.1. Potencia activa (P)

Es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo, la origina la componente de la corriente que está en fase con la tensión. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es, por lo tanto, la realmente consumida por los circuitos. Cuando se habla de demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda.

Se designa con la letra P. De acuerdo con su expresión, la ley de Ohm y el triángulo de impedancias:

$$P = I * V * \cos \varphi = I * Z * I \cos \varphi = I^2 * Z * \cos \varphi = I^2 * R$$

Donde:

Z = Impedancia (Ω).

Sus unidades son kW o MW. Resultado que indica que la potencia activa es debido a los elementos resistivos.

La potencia activa P, por originarse por la componente resistiva, es un vector a cero grados.

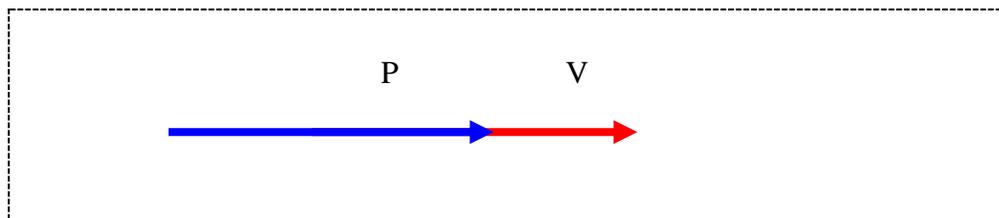


Ilustración 7. Representa la potencia activa (P) en fase con la tensión (V).

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2. Potencia reactiva (Q)

Esta potencia no tiene tampoco el carácter realmente de ser consumida y sólo aparecerá cuando existan bobinas o condensadores en los circuitos que generan campos magnéticos y campos eléctricos. La origina la componente de la corriente que está a 90° con respecto a la tensión, en adelante o en atraso. La potencia reactiva tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo útil y se designa con la letra Q .

A partir de su expresión,

$$Q = I * V * \sin \varphi = I * Z * I \sin \varphi = I^2 * Z * \sin \varphi = S * \sin \varphi$$

Donde:

S = Potencia aparente o total (kVA o MVA).

Sus unidades son kVAr o MVAr. Lo que reafirma en que esta potencia es debida únicamente a los elementos reactivos, los cuales pueden ser del tipo inductivo Q_L o capacitivo Q_C .

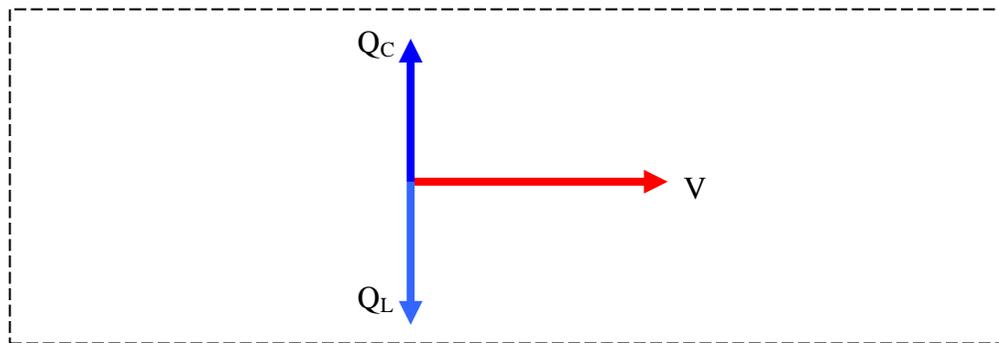


Ilustración 8. Potencia reactiva en adelante (Q_C) o atraso (Q_L) con respecto a la tensión.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.3. Potencia aparente (S)

La potencia aparente de un circuito eléctrico de corriente alterna es la suma, por ser la potencia total es el vector resultante de sumar la potencia activa y la potencia reactiva.

Esta potencia no es la realmente consumida o útil, salvo cuando el factor de potencia es la unidad ($\cos \varphi=1$) ya que entonces la potencia activa es igual a la potencia aparente, esta potencia también es indicativa de que en la red de alimentación de un circuito no sólo ha de satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también ha de contarse con la que van a "almacenar" bobinas y condensadores. Se la designa con la letra S.

La ecuación para calcular la potencia aparente es:

$$S = I * V$$

Sus unidades son kVA o MVA.

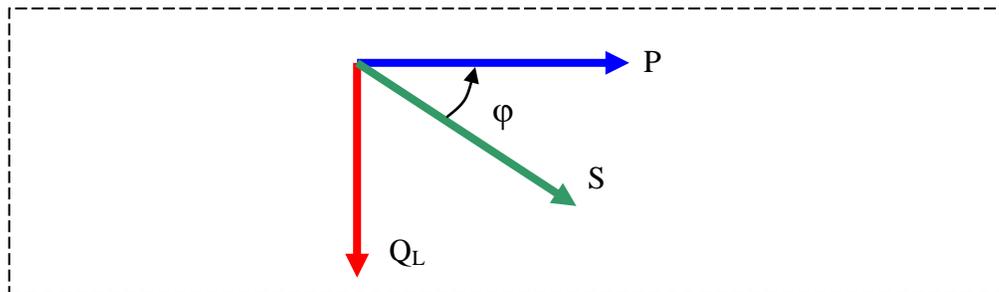


Ilustración 9. Vector resultante (S) de sumar la potencia activa y la potencia reactiva.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.4. El triángulo de potencia

El llamado triángulo de potencias es la mejor forma de observar y comprender de forma gráfica qué es el factor de potencia o $\cos \phi$ y su estrecha relación con los restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna, además de observar la interacción de una potencia con respecto a las otras dos ya que al modificar una potencia repercutiría en la modificación de las otras dos potencias.

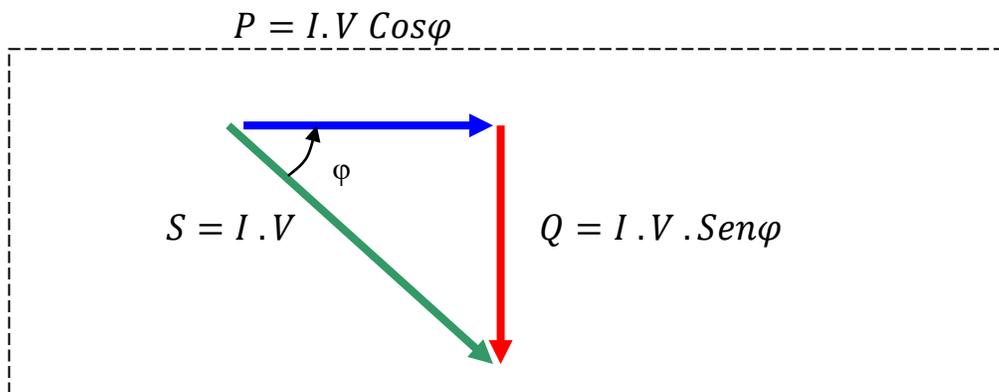


Ilustración 10. Triángulo de potencia

Fuente: Elaboración propia.

El factor de potencia o $\cos \phi$ representa el valor del ángulo que se forma al representar gráficamente la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), es decir, la relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna. Esta relación se puede representar también, de forma matemática, por medio de la siguiente ecuación:

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

De aquí se define también que:

$$S = P + jQ$$

Donde:

jQ = Potencia reactiva inductiva (VAr).

El resultado de esta operación será 1 o un número fraccionario menor que 1 en dependencia del factor de potencia que le corresponde a cada equipo o dispositivo en específico. Ese número responde al valor de la función trigonométrica “coseno”, equivalente a los grados del ángulo que se forma entre las potencias (P) y (S).

Si el número que se obtiene como resultado de la operación matemática es un decimal menor que 1 (como por ejemplo 0,95), dicho número representará el factor de potencia correspondiente al desfase en grados existente entre la intensidad de la corriente eléctrica y la tensión en el circuito de corriente alterna.

Lo ideal sería que el resultado fuera siempre igual a 1, pues así habría una mejor optimización y aprovechamiento del consumo de energía eléctrica, o sea, habría menos pérdida de energía no aprovechada y una mayor eficiencia de trabajo en los generadores que producen esa energía.

En los circuitos de resistencia activa, el factor de potencia siempre es 1, porque como ya vimos anteriormente en ese caso no existe desfase entre la intensidad de la corriente y la tensión.

Pero en los circuitos inductivos, como ocurre con los motores, transformadores de tensión y la mayoría de los dispositivos o aparatos que trabajan con algún tipo de enrollado o bobina, el valor del factor de potencia se muestra con una fracción decimal menor que 1 (como por ejemplo 0,8), lo que indica el retraso o desfase que produce la carga inductiva en la sinusoide correspondiente a la intensidad de la corriente con respecto a la sinusoide de la tensión.

2.4.Métodos de compensación de potencia reactiva

En la operación de los sistemas eléctricos de potencia de alta tensión se presentan, de vez en cuando, situaciones tales como una demanda anormal de reactivos, esto es, que dicha demanda sobrepasa la aportación que de ellos hacen algunos elementos de la red, obligando a los generadores a bajar su factor de potencia para suministrar los reactivos complementarios. El objetivo de la compensación reactiva es que la potencia aparente sea lo más parecida posible a la potencia activa.

El costo de generar, transmitir y transformar los reactivos, en el camino a su consumo, invita a realizar algunas consideraciones con respecto a los elementos que consumen estos reactivos, imponiendo la necesidad de localizar, operar y proyectar los equipos compensadores, de tal forma que estos no alteren el funcionamiento normal del sistema al cual se conecta. Los mecanismos de compensación más empleados son:

2.4.1. Compensación de potencia reactiva mediante máquinas sincrónicas.

Las máquinas sincrónicas pueden funcionar como aportadores de potencia reactiva funcionando en vacío, siendo en este caso conocidos como capacitores sincrónicos. La generación de potencia reactiva depende de la excitación, necesitando ser sobreexcitados para poder satisfacer sus propias necesidades de energía reactiva y entregar a su vez energía reactiva al sistema, es decir un motor síncrono diseñado para trabajar en vacío y con un amplio rango de regulación, estas máquinas síncronas son susceptibles de trabajar con potencia reactiva inductiva o capacitiva según el grado de excitación del campo. Si están sobre excitadas se comportan como condensadores. Por el contrario, si están sub-excitadas se comportan como inductancias.

La potencia de un condensador sincrónico en condiciones de sobreexcitación está limitada por la temperatura, en condiciones de sub-excitación, la potencia queda limitada por la estabilidad de la máquina. Este tipo de compensación no es muy utilizada, se utiliza sólo en el caso de que existan en la instalación motores sincrónicos de gran potencia (mayores a 200 HP) que funcionan por largos períodos de tiempo.

2.4.2. Compensación de potencia reactiva mediante cev's.

Un compensador estático de VAr (CEV'S), se emplea para compensar potencia reactiva usando un control de la magnitud de tensión en un bus particular de un sistema eléctrico de potencia. Estos dispositivos comprenden el banco de capacitores fijo o conmutado (controlado) o un banco fijo y un banco de reactores conmutados en paralelo, se emplean principalmente en alta tensión debido a la conmutación para controlar la compensación.

2.4.3. Compensación de potencia reactiva mediante bancos de capacitores

Este método es el que se utiliza en la actualidad en la mayoría de las instalaciones industriales dado que es más económico y permite una mayor flexibilidad. Se pueden fabricar en configuraciones distintas. Sin embargo, son muy sensibles a las armónicas presentes en la red, los bancos de capacitores elevan el factor de potencia, con lo cual aumenta la potencia transmitida por la línea porque no necesita conducir la potencia reactiva.

2.5. Corrección del factor de potencia

La finalidad de corregir el factor de potencia es reducir o aún eliminar el costo de energía reactiva en la factura de electricidad.

2.5.1. Factor de potencia

Es la relación de la potencia activa P con la potencia aparente S , es decir la proporción de potencia que se transforma en trabajo útil (P) de la potencia total (S) requerida por la carga. Bajo condiciones de tensiones y corrientes sinusoidales el factor de potencia es igual al $\text{Cos}(\varphi)$.

En un circuito trifásico equilibrado la potencia activa (P), reactiva (Q) y aparente (S) se expresan como:

$$P = 3 VI \cos \varphi$$

$$Q = 3 VI \sin \varphi$$

$$S = 3 VI = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Diagrama vectorial de potencias, para una carga inductiva:

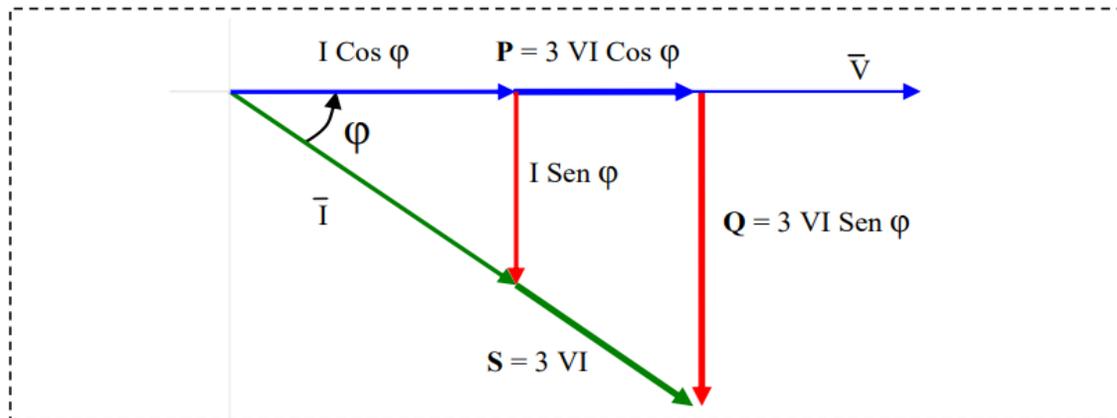


Ilustración 11. Triángulo de potencia en un circuito trifásico

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

V = Tensión fase-neutro (V).

I = Corriente de fase (A).

En muchas instalaciones eléctricas de la industria, hay grandes consumos de corriente. Este consumo se agrava más cuando se trabaja con muchos motores (carga inductiva), que causan que exista un gran consumo de corriente reactiva que normalmente es penalizada por las empresas que distribuyen energía.

Cuando esta situación se presenta, se dice que se tiene un bajo factor de potencia. El siguiente, es un método para lograr mejorar el factor de potencia, reducir el consumo de corriente y evitar cualquier penalización.

Tabla 1. Valores aproximados del factor de potencia para las cargas más comunes.

EQUIPOS	F.P. ($\cos \phi$)
Motor asíncrono con factor de carga de 0%	0.17
Motor asíncrono con factor de carga de 25%	0.55
Motor asíncrono con factor de carga de 50%	0.73
Motor asíncrono con factor de carga de 75%	0.8
Motor asíncrono con factor de carga de 100%	0.85
Lampara incandescente	1
Lampara fluorescente sin corregir	0.5
Lampara fluorescente con F.P corregido	0.93
Lámparas de descarga	0.4-0.6
Lámparas LED	0.9
Hornos de resistencia	1
Hornos de inducción	0.85
Soldador por puntos	0.8-0.9
Soldadora de arco monofásico	0.5
Soldadora de arco accionada por grupo rotativo	0.7-0.9
Soldadora de arco con transformador rectificador	0.7-0.9
Horno de arco	0.8
Soldadora por resistencia	0.8-0.9

2.5.2. Planteamiento analítico para la corrección del factor de potencia.

La aplicación de los bancos de capacitores en las instalaciones industriales y en las redes de distribución, es la corrección del factor de potencia, esto se hace por dos razones fundamentalmente:

- Para estar dentro de los límites mínimos fijados por las compañías suministradoras y evitar penalización por bajo factor de potencia.
- Cuando el $\text{Cos } \varphi$ es mayor que el especificado por la distribuidora de energía (0.85), entonces se penaliza, es decir, se impone una sanción económica o cargo por bajo factor de potencia en el recibo de consumo de energía.
- Para mejorar las condiciones operativas (mejorar la estabilidad de tensión y reducir pérdidas por efecto joule) y tener una mejor economía de operación.
- Aumentar la disponibilidad de potencia útil de los transformadores sin necesidad de ampliar su capacidad.

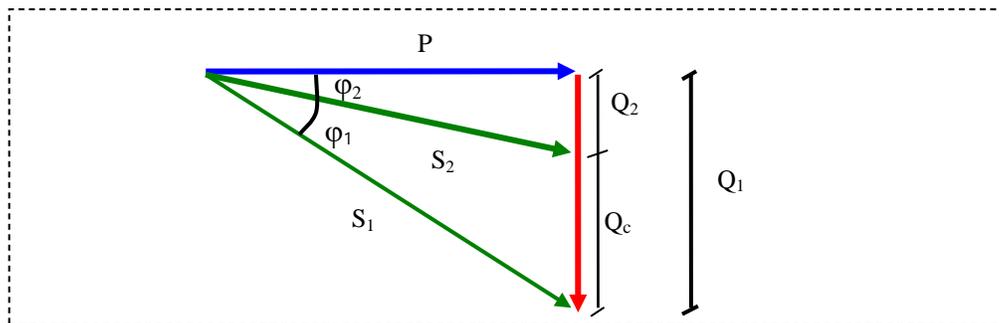


Ilustración 12. Corrección del $\text{Cos } \varphi_1$ a $\text{Cos } \varphi_2$, mantenido el suministro de la carga constante.

Fuente: Elaboración propia.

Considerando la figura, si el valor mínimo especificado es $\text{cos } \varphi_2$, entonces es necesario pasar de $\text{cos } \varphi_1$ a $\text{cos } \varphi_2$, mantenido el suministro de la carga constante, por lo tanto, para pasar del valor actual de consumos de potencia reactiva Q_1 , al valor deseado, para obtener el ángulo φ_2 , es decir

a Q2, se requiere restar a Q1 una cantidad Qc, que corresponde a la potencia reactiva del banco de capacitores.

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = \Delta Q$$

Para realizar el cálculo de Qc, se utiliza la siguiente ecuación.

$$Q_c = P * (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

O bien podemos utilizar la siguiente ecuación.

$$Q_c = P * \text{Factor } K$$

donde en el primer caso el factor K se obtiene por medio de la tabla 2, donde se muestra el factor inicial el cual es el factor en el que nuestro sistema está en operación y el factor de potencia deseado, para encontrar el valor del factor K se toma el valor en el cual estos dos factores se interceptan.

Tabla 2. Factor de tabla para el cálculo de la potencia del banco de capacitores.

Factor de potencia inicial	Factor K														
	Factor de potencia deseado														
	0.86	0.87	0.88	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1
0.66	0.545	0.572	0.599	0.626	0.654	0.683	0.712	0.743	0.775	0.81	0.847	0.888	0.935	0.996	1.138
0.67	0.515	0.541	0.568	0.596	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857	0.905	0.966	1.108
0.68	0.485	0.512	0.539	0.566	0.594	0.623	0.652	0.683	0.715	0.75	0.787	0.828	0.875	0.936	1.078
0.69	0.456	0.482	0.509	0.537	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.72	0.757	0.798	0.846	0.907	1.049
0.7	0.427	0.453	0.48	0.508	0.536	0.565	0.594	0.625	0.657	0.692	0.729	0.77	0.817	0.878	1.02
0.71	0.398	0.425	0.452	0.48	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.7	0.741	0.789	0.849	0.992
0.72	0.37	0.397	0.424	0.452	0.48	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713	0.761	0.821	0.964
0.73	0.343	0.37	0.396	0.424	0.452	0.481	0.51	0.541	0.573	0.608	0.645	0.686	0.733	0.794	0.936
0.74	0.316	0.342	0.369	0.397	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.58	0.617	0.658	0.706	0.766	0.909
0.75	0.289	0.315	0.342	0.37	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.59	0.631	0.679	0.739	0.882
0.76	0.262	0.288	0.315	0.343	0.371	0.4	0.429	0.46	0.492	0.526	0.563	0.605	0.652	0.713	0.855
0.77	0.235	0.262	0.289	0.316	0.344	0.373	0.403	0.433	0.466	0.5	0.537	0.578	0.626	0.686	0.829
0.78	0.209	0.236	0.263	0.29	0.318	0.347	0.376	0.407	0.439	0.474	0.511	0.552	0.599	0.66	0.802
0.79	0.183	0.209	0.236	0.264	0.292	0.32	0.35	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525	0.573	0.634	0.776

0.8	0.157	0.183	0.21	0.238	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499	0.547	0.608	0.75
0.81	0.131	0.157	0.184	0.212	0.24	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0.724
0.82	0.105	0.131	0.158	0.186	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447	0.495	0.556	0.698
0.83	0.079	0.105	0.132	0.16	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.38	0.421	0.469	0.53	0.672
0.84	0.053	0.079	0.106	0.134	0.162	0.19	0.22	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0.646
0.85	0.026	0.053	0.08	0.107	0.135	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.62
0.86	---	0.027	0.054	0.081	0.109	0.138	0.167	0.198	0.23	0.265	0.302	0.343	0.39	0.451	0.593
0.87	---	---	0.027	0.054	0.082	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.567
0.88	---	---	---	0.027	0.055	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.54
0.89	---	---	---	---	0.028	0.057	0.086	0.117	0.149	0.184	0.221	0.262	0.309	0.37	0.512
0.9	---	---	---	---	---	0.029	0.058	0.089	0.121	0.156	0.193	0.234	0.281	0.342	0.484
0.91	---	---	---	---	---	---	0.03	0.06	0.093	0.127	0.164	0.205	0.253	0.313	0.456
0.92	---	---	---	---	---	---	---	0.031	0.063	0.097	0.134	0.175	0.223	0.284	0.426
0.93	---	---	---	---	---	---	---	---	0.032	0.067	0.104	0.145	0.192	0.253	0.395
0.94	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.034	0.071	0.112	0.16	0.22	0.363
0.95	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.037	0.078	0.126	0.186	0.329
0.96	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.041	0.089	0.149	0.292
0.97	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.048	0.108	0.251
0.98	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.061	0.203
0.99	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.142

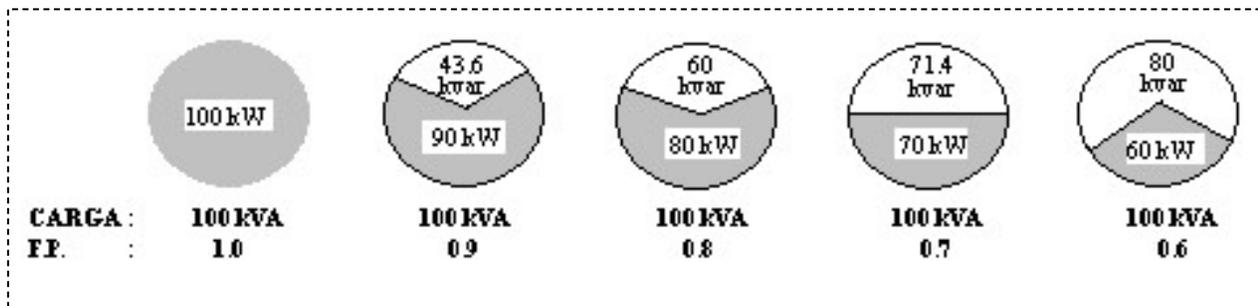


Ilustración 13. Cambio de potencia activa y reactiva con factor de potencia, mantenido la potencia aparente de la carga constante.

Fuente: <https://jmirezmedical.wordpress.com/2016/10/09/s155-tabla-del-factor-k-de-compensacion-reactiva-para-el-calculo-de-la-potencia-del-banco-de-condensadores/>

2.6. Definición de un capacitor

Los capacitores son equipos capaces de acumular energía eléctrica, están constituidos de manera general por dos placas conductoras colocadas frontalmente en paralelo y separados por un elemento aislante cualquiera, que puede ser papel, plásticos, aire, etc. En las caras externas de estas placas se conecta con una fuente de tensión que genera un campo eléctrico a partir de cargas puntuales, lo que conocemos como campo electrostático, todo esto en el espacio comprendido entre las dos placas.

La fuente de tensión podría ser una batería o un generador de corriente alterna o continua, las placas paralelas se denominan electrodos, las líneas de flujo entre las placas paralelas son imaginarias, el material aislante colocado entre las placas paralelas se denomina dieléctrico, la energía electrostática queda acumulada entre las placas y en menor intensidad en su entorno.

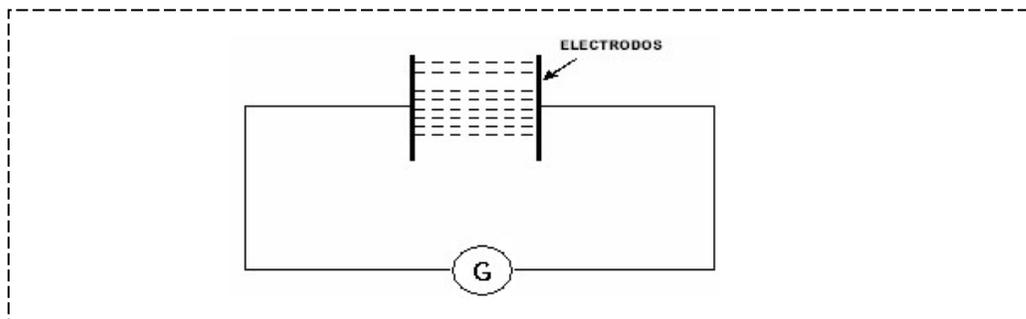


Ilustración 14. Campo electrostático entre las dos placas del capacitor.

Fuente: <https://www.digikey.com/es/articles/fundamentals-understand-the-characteristics-of-capacitor-types>

El coulomb o culombio es una cantidad de carga eléctrica que puede ser almacenada o descargada en forma de corriente eléctrica durante un periodo determinado de tiempo tomado como unidad.

En la práctica, el culombio es una unidad demasiado grande para expresar cantidades de carga estática y, por lo general, se reemplaza por sus submúltiplos, como mili culombios (mC), micro culombios (μC) o nano culombios (nC).

Para mejor comprensión se puede considerar el caso de una batería de automóvil de 54Ah que puede descargar toda la energía a razón de 1A en un tiempo de 54 horas, o bien 54A en un tiempo

de 1h. Un coulomb es por lo tanto el flujo de carga o descarga de una corriente de 1A en un tiempo de 1 seg., esto quiere decir que durante un tiempo de 1seg, 6.25×10^{18} electrones son transportados de una placa a otra cuando la carga o descarga del capacitor es de 1.6×10^{-19} (C). Es bueno saber que la carga eléctrica de un electrón es de 1.6×10^{-19} C.

Si una determinada tensión V (volts) se aplica entre las placas paralelas separadas por una distancia de d (m), la intensidad del campo eléctrico se puede calcular por medio de la ecuación:

$$E = \frac{V}{d}$$

Donde:

E = Intensidad del campo eléctrico (V/m).

V = Tensión (V).

d = Distancia (m).

La unidad que mide la capacidad de carga C de un capacitor es el Farad, de modo que 1 Farad es la capacidad de carga eléctrica de un capacitor cuando una carga eléctrica de 1coulomb (6.25×10^{18} electrones) está almacenada en el medio eléctrico bajo una tensión aplicada de 1V entre las terminales de placas paralelas. Los capacitores son evaluados por la cantidad de carga eléctrica que es capaz de almacenar en su campo y está dada por la ecuación.

$$C = \frac{Q}{V}$$

Donde:

C = Capacidad del capacitor (F).

V = Tensión aplicada (V).

2.6.1. *Energía almacenada*

Cuando los electrodos de un capacitor son sometidos a una tensión entre sus terminales, circula en su interior una corriente de carga, lo que hace que una determinada cantidad de energía se acumule en su campo eléctrico. La energía media almacenada en el capacitor se puede obtener con la ecuación:

$$E = \frac{1}{2} * C * V_m^2$$

Donde:

E = Energía almacenada (J).

C = Capacidad del capacitor (F).

V_m = Tensión aplicada en valor pico (V).

Capítulo.3

Selección de bancos de capacitores.

Considerando los aspectos teóricos señalados en el capítulo anterior, este capítulo abordara toda la información referente a los bancos de capacitores tanto sus partes principales, esquemas de conexión selección de la conexión del banco y algunos factores que afectan a dichos bancos los cuales son el efecto de resonancia y las componentes armónicas.

3.1.Componentes de un capacitor de potencia.

Las partes principales de un capacitor de potencia, son las que se mencionan a continuación: Caja o carcaza: Esta caja o carcaza tiene la función de contener la parte activa del capacitor, está construida de placa de acero con un espesor adecuado al volumen del capacitor, la caja contiene las siguientes partes:

- Placa de características. En esta placa deben estar contenidos todos los datos característicos para la identificación del capacitor, como son: su potencia nominal en kVAr, la tensión nominal de operación, su capacitancia, la frecuencia a que opera, su peso o masa, el nivel básico de aislamiento, la fecha de fabricación, etc.
- Los aisladores. Corresponden a las terminales externas de las unidades capacitivas.
- Ganchos en ojales para levantamiento. Son usados para levantar la unidad capacitiva.
- Soportes para fijación. Se utilizan para fijar la unidad capacitiva en su estructura de montaje.

Armadura: Está constituida por hojas de aluminio enrolladas con el dieléctrico, con espesores comprendidos entre 3 y 6 μm y patrón de pureza de alta calidad, con el objetivo de mantener en bajos niveles las pérdidas dieléctricas y las capacitancias nominales del proyecto.

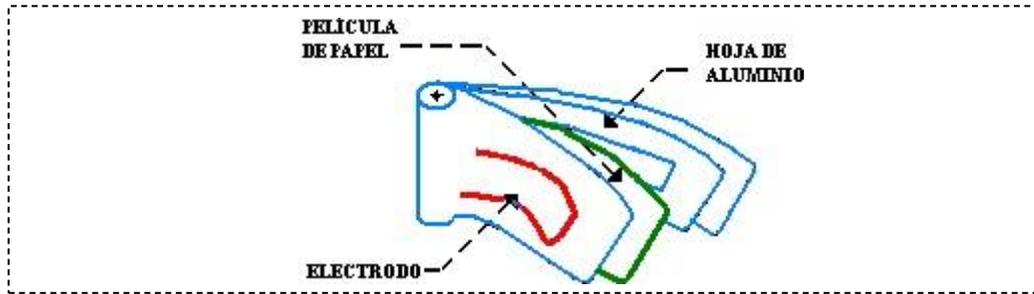


Ilustración 15. Ilustración de una armadura de capacitor.

Fuente: <http://www.incb.com.mx/index.php/88-curso-de-electronica/1818-curso-de-electronica-05>

Dieléctrico. Actualmente existen dos tipos básicos de capacitores en cuanto a su medio dieléctrico:

a) Capacitores del tipo autoregenerable:

Son aquellos cuyo dieléctrico está formado por una fina capa de película de polipropileno esencial, asociada muchas veces, una capa de papel dieléctrico (papel Kraft) con alrededor de 18 μm de espesor. Es necesario que los componentes dieléctricos estén constituidos de material seleccionado y de alta calidad, para no influenciar negativamente las pérdidas dieléctricas.

b) Capacitores de tipo impregnado:

Están constituidos por una sustancia impregnante que se trata a continuación:

Líquido de impregnación. Los fabricantes de capacitores usan normalmente una sustancia biodegradable con una estructura molecular constituida por carbono e hidrógeno (hidrocarbonato aromático sintético) que no es agresivo con el medio ambiente.

Resistor de descarga. Cuando se retira la tensión de las terminales de un capacitor, la carga eléctrica almacenada necesita ser dañada para que la tensión resultante sea eliminada, evitándose de esta manera situaciones peligrosas de contacto con las referidas terminales.

Para que esto sea posible, se inserta entre las terminales un resistor, con la finalidad de transformar en pérdidas Joule la energía almacenada en el dieléctrico, reduciendo a 75V el nivel de tensión en un tiempo menor a 10 minutos para capacitores en media tensión; y menor que 3 minutos para capacitores de baja tensión. Este dispositivo de descarga se puede instalar en forma interna o externa al capacitor, siendo más común la primera solución.

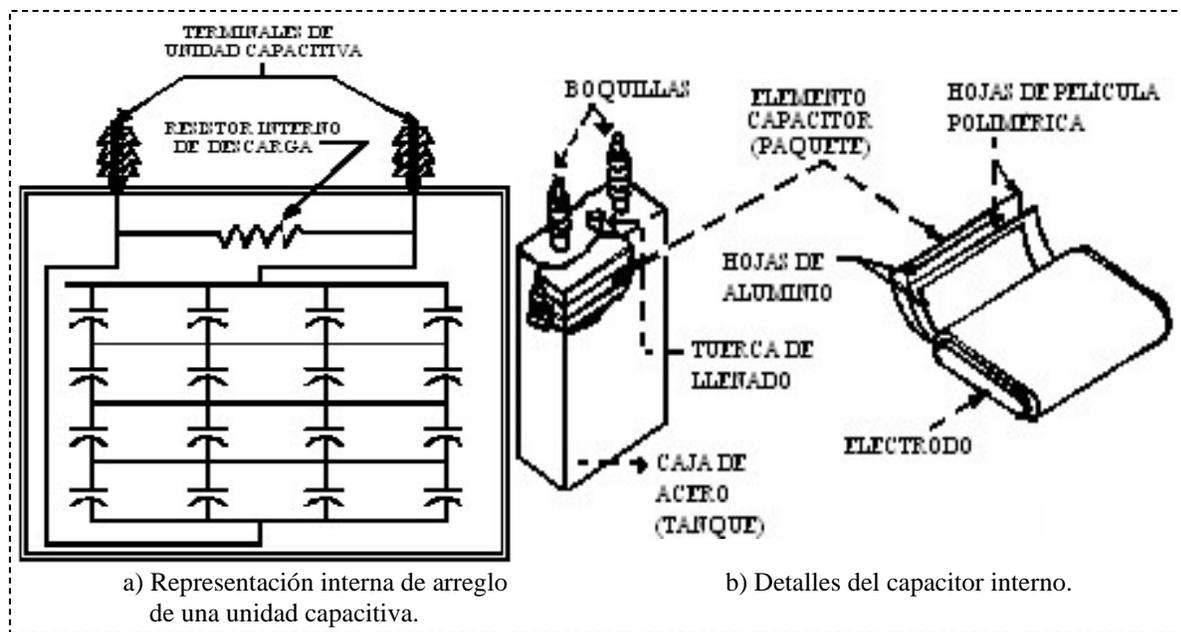


Ilustración 16. Arreglo de una unidad capacitiva y detalles del capacitor interno.

Fuente: <https://docplayer.es/38168635-Titulo-diseno-e-implementacion-para-corregir-el-factor-de-potencia.html>

3.2. Conexión de los bancos capacitores.

Los capacitores instalados, se pueden conectar en cualquiera de las conexiones trifásicas clásicas que son: Estrella sólidamente aterrizada, estrella con neutro flotante y delta.

3.2.1. Conexión estrella a tierra con neutro aterrizado.

En esta conexión, el voltaje de las unidades capacitivas debe ser igual o mayor que el voltaje de fase a neutro del sistema al cual se van a conectar. Normalmente esta conexión se usa en sistemas de distribución, en rango de tensiones de hasta 34.5 kV. La capacidad del banco en kVAr se selecciona de manera que proporcione la potencia reactiva deseada en el sistema.

Cada fase en este tipo de conexión está formada por grupos de unidades capacitivas conectadas en serie paralelo para dar el valor de potencia deseado, en este tipo de arreglos generalmente se adopta una protección de fusibles para cada módulo capacitivo, sin embargo, existe también la posibilidad de proteger a las unidades capacitivas por grupo, esta opción se usa generalmente en sistemas de distribución con compensación de baja capacidad.

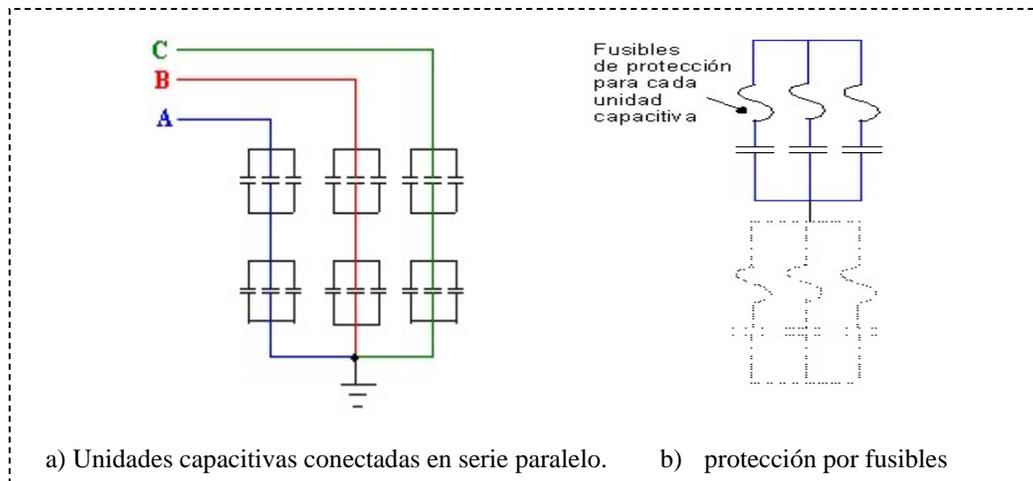


Ilustración 17. Conexión estrella a tierra con neutro sólidamente conectado a tierra.

Fuente: https://oa.upm.es/43068/1/TFG_%20SARA_DEL_CARMEN_GONZALEZ_AFONSO.pdf

La conexión estrella con neutro aterrizado, tiene la ventaja de permitir un balanceo de fases más fácil que en otras conexiones, sin embargo, en estos arreglos, se presenta el problema de que la falla en un módulo capacitivo presenta una sobretensión en el resto de los módulos en dichos arreglos, sometiéndolas a mayores esfuerzos dieléctricos, o la implementación de protecciones adicionales.

3.2.2. *Conexión estrella con neutro flotante.*

Este tipo de conexión se usa en sistemas de media tensión o mayores niveles de voltaje, presenta la característica de evitar en forma importante la presencia de transitorios de sobretensión y permite también una mejor protección contra sobrecorriente; En cambio tiene problemas de desbalance de voltaje, que hace que aparezca una diferencia de potencial en el neutro de la conexión, por lo que es necesario implementar protecciones contra sobretensiones al neutro del sistema. (Relevador de sobretensión 64N)

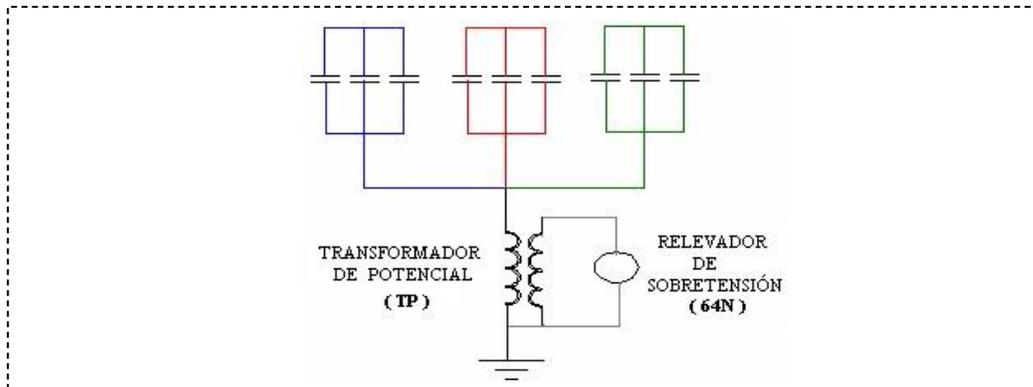


Ilustración 18. Conexión estrella con neutro flotante con protección en el neutro.

Fuente: https://oa.upm.es/43068/1/TFG_%20SARA_DEL_CARMEN_GONZALEZ_AFONSO.pdf

3.2.3. Conexión delta.

Esta conexión se usa generalmente en baja tensión (600 Voltios o menos) en motores eléctricos o cargas de relevancia similar, tiene la ventaja sobre las conexiones en estrella de que no presenta problemas de desbalance y también aísla los armónicos de corriente.

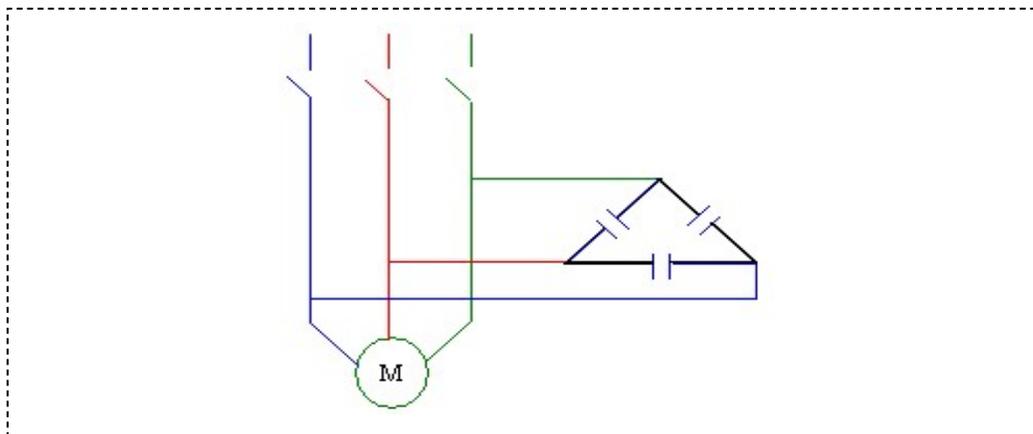


Ilustración 19. Conexión delta para motores en baja tensión

Fuente: https://oa.upm.es/43068/1/TFG_%20SARA_DEL_CARMEN_GONZALEZ_AFONSO.pdf

3.3. Selección del banco de capacitores

Para realizar la selección de un banco de capacitores se deben elegir los capacitores en los rangos existentes normalizados. Las diferentes fabricas producen equipos para tensiones normalizados más comunes por las empresas de electricidad, aunque también los fabrican para niveles de tensión y dimensiones bajo especificaciones del cliente.

Sin embargo, los tamaños existentes en el mercado son muy numerosos y generalmente se fabrican tanto condensadores monofásicos como trifásico en incrementos de 5 kVAr hasta 50 kVAr, de 10 kVAr hasta 100 kVAr y en saldos de 50 kVAr hasta 300 kVAr. Tamaños mayores requieren pedidos especiales, en todo caso es importante destacar que la frecuencia de operación de los condensadores debe ser 60 Hz, ya que es la frecuencia utilizada en el país.

Tensión de línea (V)	Potencia (kVAr)		Capacitancia nominal (µF)	Corriente nominal (A)		Fusible NH ó Dz (A)	Conductor de conexión mm ²
	50 Hz	60 Hz		50 Hz	60 Hz		
220	2.1	2.5	137.0	9.5	11.4	20.0	2.5
	2.5	3.0	165.0	11.4	13.6	25.0	2.5
	4.2	5.0	274.0	19.1	22.7	32.0	6.0
	5.0	6.0	329.0	22.7	27.3	50.0	10.0
	6.3	7.5	411.0	28.6	34.1	63.0	10.0
	8.3	10.0	548.0	37.7	45.5	80.0	16.0
	10.0	12.0	657.0	45.5	54.5	100.0	25.0
	12.5	15.0	822.0	56.8	68.2	125.0	35.0
	16.6	20.0	1096.0	75.5	90.1	160.0	70.0
380	2.1	2.5	46.0	5.5	6.6	10.0	2.5
	2.5	3.0	55.0	6.6	7.9	16.0	2.5
	4.2	5.0	92.0	11.1	13.2	25.0	2.5
	5.0	6.0	110.0	13.2	15.8	32.0	4.0
	6.3	10.0	184.0	21.8	26.3	50.0	10.0
	8.3	12.0	220.0	26.3	31.6	50.0	10.0
	10.0	15.0	276.0	32.9	39.5	63.0	16.0
	12.5	18.0	330.0	39.5	47.4	80.0	25.0
	16.6	20.0	367.0	43.7	52.6	100.0	25.0
	20.0	24.0	440.0	52.6	63.2	100.0	35.0
	20.8	25.0	460.0	54.7	65.8	125.0	35.0
25.0	30.0	551.0	65.8	78.9	160.0	50.0	
440	4.2	5.0	68.0	9.5	11.4	20.0	2.5
	5.0	6.0	82.0	11.4	13.6	25.0	2.5
	8.3	10.0	137.0	18.9	22.7	32.0	6.0
	10.0	12.0	164.0	22.7	27.3	50.0	10.0
	12.5	15.0	206.0	28.4	34.1	63.0	10.0
	16.6	20.0	274.0	37.7	45.5	80.0	16.0
	20.8	25.0	343.0	47.3	56.8	100.0	25.0
	25.0	30.0	411.0	56.8	68.2	125.0	35.0
480	4.2	5.0	58.0	8.7	10.4	20.0	2.5
	5.0	6.0	69.0	10.4	12.5	20.0	2.5
	8.3	10.0	115.0	17.3	20.8	32.0	6.0
	10.0	12.0	138.0	20.8	25.0	50.0	6.0
	12.5	15.0	173.0	26.0	31.3	50.0	10.0
	16.6	20.0	230.0	34.6	41.7	80.0	16.0
	20.8	25.0	288.0	43.3	52.1	100.0	25.0
	25.0	30.0	345.0	52.1	62.5	100.0	36.0

Tabla 3. Valores para bancos de capacitores monofásicos de baja tensión.

Fuente: <https://www.totalenergies.es/es/pymes/blog/como-funciona-bateria-condensadores-energia-reactiva>

Tensión de línea (V)	Potencia (kVAr)		Capacitancia nominal (µF)	Corriente nominal (A)		Fusible NH ó Dz (A)	Conductor de conexión mm ²
	50 Hz	60 Hz		50 Hz	60 Hz		
220	2.1	2.5	137.01	5.5	6.6	10.0	2.5
	4.2	5.0	274.03	10.9	13.1	25.0	2.5
	6.3	7.5	411.04	16.4	19.7	32.0	6.0
	8.3	10.0	548.05	21.8	26.2	50.0	10.0
	10.4	12.5	685.07	27.3	32.8	63.0	16.0
	12.5	15.0	822.08	32.8	39.4	63.0	16.0
	14.6	17.5	959.09	38.2	45.9	80.0	25.0
	16.6	20.0	1096.12	43.7	52.5	100.0	25.0
	18.7	22.5	1233.12	49.1	59.0	100.0	35.0
20.8	25.0	1370.14	54.6	65.6	125.0	35.0	
380	2.1	2.5	45.92	3.2	3.8	10.0	2.5
	4.2	5.0	91.85	6.3	7.6	16.0	2.5
	6.3	7.5	137.77	9.5	11.4	20.0	2.5
	8.3	10.0	183.7	12.7	15.2	25.0	4.0
	10.4	12.5	229.62	15.8	19.0	32.0	6.0
	12.5	15.0	275.55	19.6	22.8	32.0	6.0
	14.6	17.5	321.47	22.2	26.6	50.0	10.0
	16.6	20.0	367.39	25.3	30.4	50.0	10.0
	18.7	22.5	413.32	28.5	34.2	63.0	16.0
	20.8	25.0	458.24	31.7	38.0	63.0	16.0
	25.0	30.0	551.09	38.0	45.6	80.0	25.0
	29.2	35.0	642.94	44.3	53.2	100.0	25.0
	33.3	40.0	734.79	50.6	60.8	100.0	35.0
37.5	45.0	826.64	57.0	68.4	125.0	50.0	
41.6	50.0	918.48	63.3	76.0	125.0	50.0	
440	2.1	2.5	34.25	2.7	3.3	6.0	2.5
	4.2	5.0	68.51	5.5	6.6	10.0	2.5
	6.3	7.5	102.76	8.2	9.8	16.0	2.5
	8.3	10.0	137.01	10.9	13.1	25.0	2.5
	10.4	12.5	171.26	11.7	16.4	32.0	4.0
	12.5	15.0	205.52	16.4	19.7	32.0	6.0
	14.6	17.5	239.77	19.2	23.0	50.0	6.0
	16.6	20.0	274.003	21.8	26.2	50.0	10.0
	18.7	22.5	308.28	24.6	29.5	50.0	10.0
	20.8	25.0	342.53	27.3	32.8	63.0	16.0
	25.0	30.0	411.04	32.8	39.4	63.0	16.0
	29.2	35.0	479.54	38.2	45.9	80.0	25.0
	33.3	40.0	548.05	41.7	52.5	100.0	25.0
	37.5	45.0	616.56	49.1	59.0	100.0	35.0
41.6	50.0	685.07	54.6	65.6	125.0	35.0	
480	4.2	5.0	57.56	5.1	6.0	10.0	2.5
	8.3	10.0	115.13	10.0	12.0	20.0	2.5
	12.5	15.0	172.69	15.0	18.0	32.0	4.0
	16.6	20.0	230.26	20.1	24.1	50.0	6.0
	20.8	25.0	287.82	25.1	30.1	50.0	10.0
	25.0	30.0	346.39	30.1	36.1	63.0	16.0
	29.2	35.0	402.95	35.1	42.1	80.0	16.0
	33.3	40.0	460.52	40.1	48.1	80.0	25.0
	37.5	45.0	518.08	45.1	54.1	100.0	25.0
	41.6	50.0	575.65	50.1	60.1	100.0	35.0

Tabla 4. Valores para bancos de capacitores trifásicos en baja tensión.

Fuente: <https://www.totalenergias.es/es/pymes/blog/como-funciona-bateria-condensadores-energia-reactiva>

Se presentan las capacidades en potencia reactiva para capacitores monofásicos en tensiones medias, de acuerdo a su tensión de operación.

Capacidades en kVAr para capacitores monofásicos en media tensión	
Tensión	kVAr
2400	50
2770	100
4160	150
4800	200
6640	250
7200	300
7620	350
8320	400
9540	450
9960	500
11400	
12470	
13280	
13800	
14400	
15125	
19920	
20800	
21600	
22130	
22800	
23800	
24940	

Tabla 5. Capacidades en kVAr para capacitores monofásicos en media tensión.

Fuente: <https://www.totalenergies.es/es/pymes/blog/como-funciona-bateria-condensadores-energia-reactiva>

De acuerdo con el tipo de conexión y con los valores conocidos para las unidades capacitivas, los fabricantes de capacitores recomiendan la formación de grupos de serie, de acuerdo a la tabla siguiente.

Número de grupos en serie	Conexión estrella con neutro flotante		Conexión delta o estrella aterrizada	
	Mínimo número de unidades por grupo	Mínimo número de unidades por banco trifásico	Mínimo número de unidades por grupo	Mínimo número de unidades por banco trifásico
1	4	12	1	3
2	8	48	6	36
3	9	81	8	72
4	9	108	9	108
5	10	150	9	135
6	10	180	9	162
7	10	210	10	210
8	10	240	10	240
9	11	297	11	297
10	11	330	11	330
11	11	303	11	363
12	11	396	11	396
13	11	429	11	429
14	11	462	11	462
15	11	495	11	495

Tabla 6. Mínimo número de unidades recomendadas en paralelo por grupo serie para limitar la tensión a un máximo del 10% sobre la nominal, cuando falla una unidad.

Fuente: <https://www.totalenergies.es/es/pymes/blog/como-funciona-bateria-condensadores-energia-reactiva>

3.4.Efecto de resonancia.

Las condiciones de resonancia causan sobrecorrientes y sobretensiones. Hay dos posibilidades de condiciones de resonancia como se explica a continuación.

3.4.1. Resonancia serie.

La combinación de reactancias inductiva y capacitiva en serie forma un circuito resonante serie. El comportamiento de la impedancia de este circuito se ilustra en la figura 20. Se observa que a una frecuencia llamada frecuencia de resonancia, la impedancia se reduce a un valor mínimo el cual es muy bajo y de naturaleza resistiva. El circuito ofrece una impedancia muy baja a esta frecuencia lo cual causa un aumento en muchas veces de la corriente.

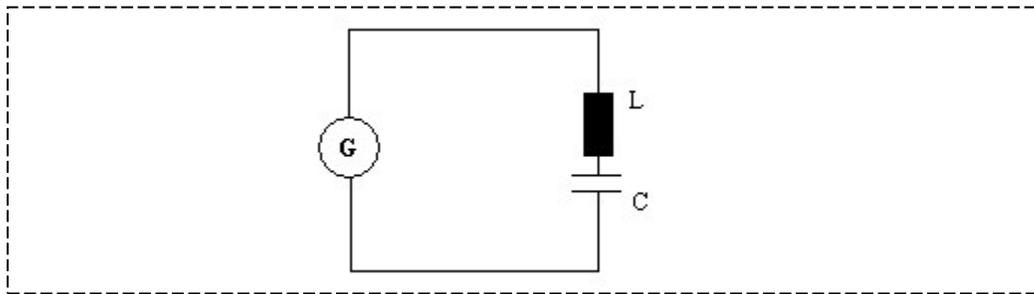


Ilustración 20. Circuito resonante serie.

Fuente: <https://www.digikey.com/es/articles/fundamentals-understand-the-characteristics-of-capacitor-types>

La resonancia serie ocurre en muchos casos, cuando las armónicas están presentes en lado primario del transformador. El transformador junto con los capacitores en el lado secundario de baja tensión actúa como un circuito resonante serie para el lado de alta tensión. Si la frecuencia de resonancia de la combinación L y C coincide con una frecuencia armónica existente puede sobrecargarse el equipo. Este circuito resonante serie provee un paso de baja impedancia a las armónicas en este caso. La cantidad de absorción dependerá de la posición relativa de la frecuencia de resonancia con respecto a la frecuencia de la armónica. Esta corriente armónica impone una carga adicional al transformador y especialmente a los capacitores. La tensión del lado de baja tensión del sistema se distorsiona como resultado de la resonancia.

3.4.2. Resonancia en paralelo.

Una combinación en paralelo de reactancia inductiva y una capacitiva forma un circuito resonante paralelo. El comportamiento de la impedancia de este circuito se muestra en la figura 21. A la frecuencia de resonancia la reactancia inductiva iguala a la capacitiva.

La impedancia resultante del circuito aumenta a valores muy altos a la frecuencia de resonancia. La excitación de un circuito resonante paralelo causa una tensión muy alta sobre las impedancias y corrientes.

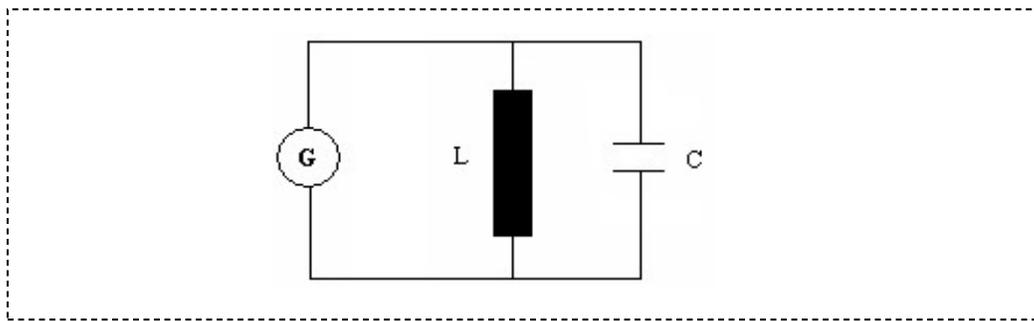


Ilustración 21. Circuito resonante paralelo.

Fuente: <https://www.digikey.com/es/articles/fundamentals-understand-the-characteristics-of-capacitor-types>

Muchos de los sistemas de energía están equipados con capacitores para corrección del factor de potencia. La capacitancia forma un circuito resonante paralelo con las impedancias de la carga y del transformador. En consecuencia, el generador de armónicas encuentra una aumentada reactancia de red. Consecuentemente la corriente armónica causa una tensión armónica aumentada comparada con la red no compensada (XL) la cual puede ser acompañada por distorsión de la fundamental.

Entre la red y el capacitor fluyen corrientes iguales que pueden llegar a sumar un múltiplo de la corriente armónica. Los transformadores y capacitores son cargados adicionalmente lo cual puede causar la sobrecarga de los mismos.

El punto de resonancia paralelo depende de la inductancia de la red y de la potencia capacitiva. Por lo tanto, es posible ubicar el punto de resonancia de manera de asegurar la menor perturbación. En realidad, la impedancia de la red no permanece constante todo el tiempo porque está determinada por la potencia de cortocircuito de la red y de las cargas conectadas a ellas. La potencia de cortocircuito de la red varía con el estado de conexión y el punto de resonancia paralelo se mueve con la configuración de la red. Por lo tanto, el fenómeno puede ser más complicado cuando el equipo de corrección del factor de potencia varía por pasos.

En general, es evidente que la ocurrencia de resonancia serie o paralelo puede causar sobretensiones y sobrecorrientes de niveles peligrosamente altos. Las armónicas que crean una posibilidad de resonancia no sólo sobrecargan los componentes del sistema sino también deterioran la calidad de energía en términos de distorsión y caídas de tensión.

El problema en los capacitores es debido a la resonancia que presentan con el sistema, esta frecuencia de resonancia muchas veces se encuentra cercana a la 5ª o 7ª armónica, las cuales son armónicas muy comunes en los sistemas eléctricos.

De esta manera la frecuencia de resonancia a la cual está expuesta un banco de capacitores está dado por la ecuación:

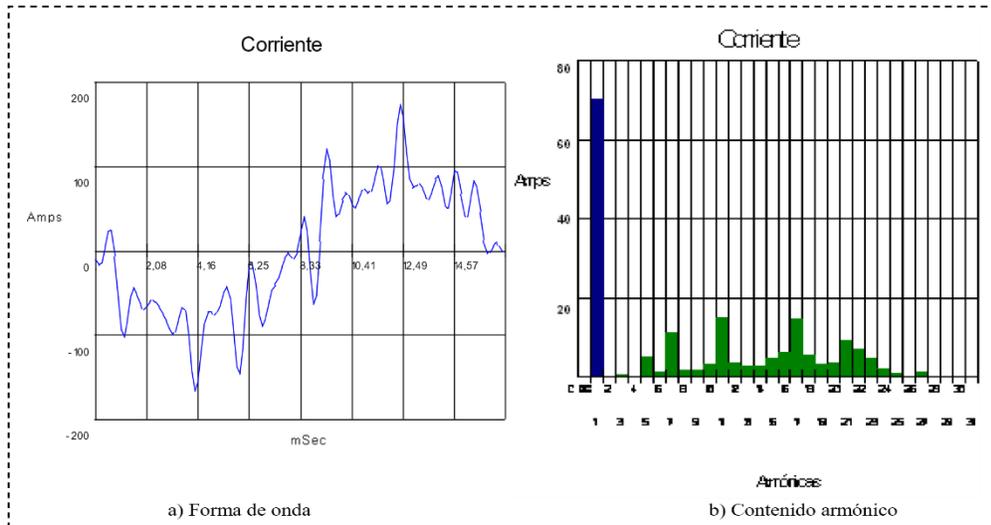
$$f_{res} = \sqrt{\frac{MVA_{CC}}{MVA_{CAP}}}$$

Donde:

MVA_{CC} = Es la potencia de corto circuito donde está conectado el banco de capacitores.

MVA_{CAP} = Es la potencia del banco de capacitores.

La figura 22 muestra las corrientes a través de un banco de capacitores cuando están expuestos a las armónicas.



3.5. Componentes armónicas

Las corrientes armónicas son aquellas que se manifiestan dentro de los sistemas eléctricos a una frecuencia múltiplo de la fundamental 60 Hz, por ejemplo, la 3a. [180 Hz], 5a [300 Hz], 7a. armónica [420 Hz], etc.

La distorsión de la onda senoidal fundamental, generalmente ocurre en múltiplos de la frecuencia fundamental. Así sobre un sistema de potencia de 60 Hz, la onda armónica tiene una frecuencia expresada por la ecuación siguiente.

$$f_{armónica} = n \times 60 \text{ Hz}$$

Donde:

$$n = 1, 2, 3, 4, \dots, \text{etc.}$$

La figura 23 ilustra la onda senoidal a la frecuencia fundamental (60 Hz) y su 2do, 3ro, 4to, y 5to armónicos.

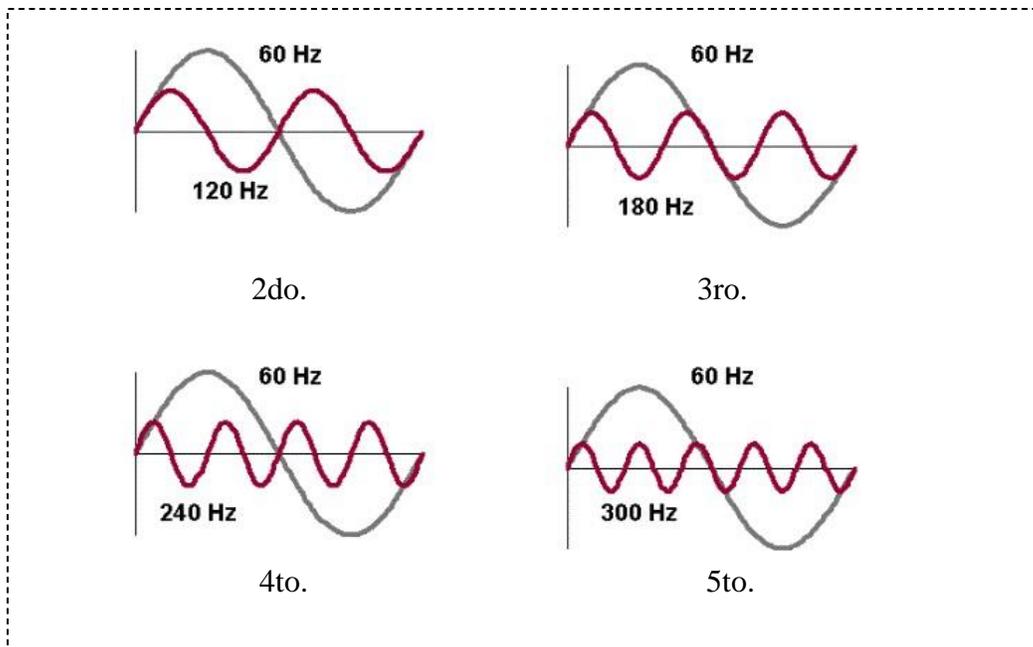


Ilustración 23. La onda senoidal a la frecuencia fundamental (60 Hz) y armónicos: 2do (120 Hz); 3ro (180 Hz); 4to (240 Hz); y 5to (300 Hz).

Fuente: <https://www.digikey.com/es/articles/fundamentals-understand-the-characteristics-of-capacitor-types>

La Ilustración 23, muestra como una onda deformada puede ser descompuesta en sus componentes armónicas. La onda deformada se compone de la fundamental combinada con las componentes armónicas de 3er y 5to orden.

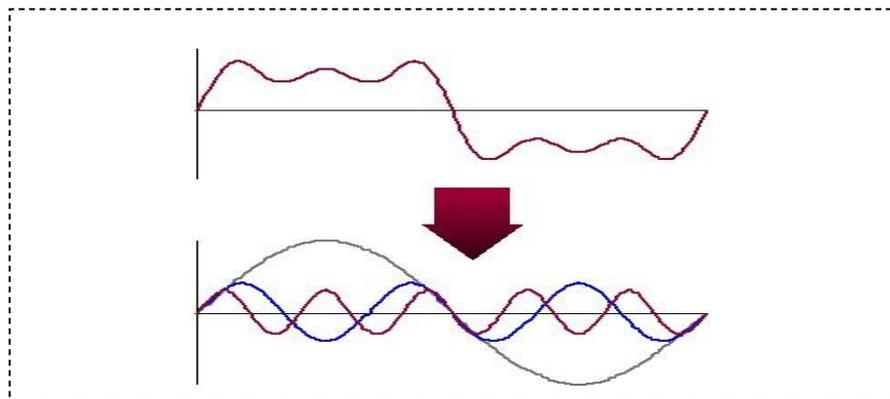


Ilustración 24. La onda deformada compuesta por la superposición de una fundamental a 60 Hz y armónicas menores de tercer y quinto orden.

Fuente: <https://www.digikey.com/es/articles/fundamentals-understand-the-characteristics-of-capacitor-types>

Las corrientes armónicas son producidas por todas las cargas que tengan una fuente de rectificación produce una distorsión de la onda fundamental de 60 Hz. Estas cargas son llamadas No-lineales y se relacionan con cualquier tipo de carga electrónica, tales como balastos electrónicos, arrancadores estáticos, PC's, entre otras.

Las armónicas pueden ocasionar disturbios en la red de distribución de energía eléctrica y causar calentamiento en cables, en los devanados de los motores y transformadores, el disparo repentino de interruptores, el sobrecalentamiento (y posible explosión) de capacitores, y también el mal funcionamiento de equipos de control y medición en general.

En particular, al incorporar un banco de capacitores en una instalación con equipos productores de armónicas, se debe tener en cuenta que, aunque los capacitores son cargas lineales, y por lo tanto no crean armónicas por sí mismos, pueden contribuir a producir una amplificación importante de las armónicas existentes al entrar en combinación con las mismas.

Al respecto hay que considerar que la impedancia de un capacitor se reduce cuando crece la frecuencia, presentando así un camino de baja impedancia para las corrientes de las armónicas superiores. Por su parte, los capacitores de corrección del factor de potencia forman un circuito paralelo con la inductancia de la red de distribución y con la del transformador. Así las corrientes armónicas generadas por los elementos no lineales se dividen entre las dos ramas de este circuito paralelo, dependiendo de la impedancia presentada por el circuito para cada armónico.

Esto puede provocar una sobrecorriente muy perjudicial para el capacitor. En el peor de los casos, cuando la frecuencia de alguna corriente armónica coincide, o está próxima, con la frecuencia de resonancia del circuito paralelo, la corriente que circula por cada rama del banco puede llegar a ser tan grande que los capacitores se degraden aceleradamente, o eventualmente exploten. Asimismo, estas corrientes armónicas también producen sobretensiones que se suman a la tensión total aplicada al capacitor y pueden dañar al dieléctrico del mismo.

Al energizar un banco de capacitores esta toma corrientes transitorias, cuya magnitud puede llegar a alcanzar valores elevados en el momento de cerrar el circuito. Un banco de capacitores descargado, hace bajar momentáneamente a cero la tensión de la línea en el lugar de su instalación, y para el sistema esto representa un corto circuito aparente. Si los capacitores se encontraban

cargados antes de conectarse a la línea y si la polaridad de tensión era distinta a la de la línea en el momento de la conexión, se producen corrientes todavía más altas.

Existen dos razones que se deben considerar cuando se instalen capacitores para corregir el factor de potencia. La primera razón, es como ya se había mencionado anteriormente es que los capacitores son por naturaleza un camino de baja impedancia para las corrientes armónicas, esto es, absorben la energía a las altas frecuencias. Este aumento en las corrientes, incrementa la temperatura del capacitor y por consiguiente reduce su vida útil. La segunda razón, y potencialmente más peligrosos, es el efecto de resonancia.

Cuando los capacitores son conectados al sistema eléctrico, ellos forman un circuito de resonancia en paralelo junto con las inductancias del sistema (transformador). Si llegase a existir una corriente armónica cercana al punto de resonancia formado, entonces el efecto se magnifica. Este efecto amplificado, puede causar serios problemas tales como un exceso en la distorsión de tensión, disparos por sobretensiones en los controladores, niveles de aislamiento estresados de transformadores y conductores.

Se recomienda que para evitar que la distorsión armónica no afecte el funcionamiento adecuado de un capacitor, su corriente eficaz no debe sobrepasar un 115% de su valor a plena carga.

Capítulo 4.

Generalidades de empresa Nuevo Carnic S.A.

4.1. Generalidades de instalación Eléctrica de Nuevo Carnic S.A.

El siguiente capítulo tiene como fin mostrar de manera explícita los datos técnicos de todos los centros de transformación de la empresa NUEVO CARNIC.

En él se encontrarán los datos de placa y todos los parámetros eléctricos de todos los centros de transformación, así como una breve descripción de la carga y sector en la planta donde está instalado.

Este informe es completo de un levantamiento de campo realizado en las instalaciones de la empresa NUEVO CARNIC S.A., el cual va acompañado de información de ingeniería tal y como son el diagrama unifilar de la planta y del levantamiento geodésico de todos los puntos de red en la planta desde su medición primaria hasta el último de sus centros de transformación.

Datos de transformadores										
No.	No. Trafo	marca	voltaje primario	voltaje secundario	corriente	Potencia kVA	impedancia	polaridad	Material de núcleo	fecha de fabricación
1	T1	PROLEC	7620	240	41.67	10	2.05	ADD	Cobre	mar-14
2	T2	PROLEC	13200	480	3007.03	2500	4		Cobre	dic-14
3	T3	FRANCE TRANSFO	13200	460	1568.89	1250	5.7		Cobre	ene-86
4	T4.1	PROLEC	7620	480	52.08	25	2.27	ADD	Aluminio	mar-12
5	T4.2	PROLEC	7620	480	52.08	25	2.35	ADD	Aluminio	mar-12
6	T4.3	PROLEC	7620	480	52.08	25	2.23	ADD	Aluminio	mar-12
7	T5	CG POWER SYSTEMS	13200	480	1804.22	1500	5.68		Aluminio	jul-13
8	T6	SIEMENS	13200	462	62.48	50	4.21		Cobre	ene-66
9	T7.1	PROLEC	7620	480	208.33	100	1.64	ADD	Aluminio	ago-17
10	T7.2	PROLEC	7620	480	208.33	100	1.64	ADD	Aluminio	dic-17
11	T7.3	PROLEC	7620	480	208.33	100	1.65	ADD	Aluminio	ago-17
12	T8.1	PROLEC	7620	480	52.08	25	1.81	ADD	Aluminio	may-12
13	T8.2	PROLEC	7620	480	52.08	25	1.84	ADD	Aluminio	may-12
14	T8.3	PROLEC	7620	480	52.08	25	1.76	ADD	Aluminio	may-12
15	T9.1	HOWARD INDUSTRIES	7620	480	104.17	50	2.2	ADD	Aluminio	feb-11
16	T9.2	HOWARD INDUSTRIES	7620	480	104.17	50	2.2	ADD	Aluminio	feb-11
17	T9.3	HOWARD INDUSTRIES	7620	480	104.17	50	2.2	ADD	Aluminio	feb-11
18	T10.1		7620	480	156.25	75		ADD	Cobre	
19	T10.2		7620	480	156.25	75		ADD	Cobre	
20	T10.3		7620	480	156.25	75		ADD	Cobre	
21	T11.1	GENERAL ELECTRIC	7620	240	156.25	37.5	1.8	ADD	Aluminio	
22	T11.2	GENERAL ELECTRIC	7620	240	156.25	37.5	1.8	ADD	Aluminio	
23	T11.3	WESTINGHOUSE	7620	240	156.25	37.5	1.4	ADD	Aluminio	
24	T12	WESTRAFO	13200	400	1732.05	1200	6.49		Aluminio	
25	T13.1	HOWARD INDUSTRIES	7620	480	104.17	50	2.2	ADD	Aluminio	feb-11
26	T13.2	HOWARD INDUSTRIES	7620	480	104.17	50	2.2	ADD	Aluminio	ago-11
27	T13.3	HOWARD INDUSTRIES	7620	480	104.17	50	2.2	ADD	Aluminio	ago-11
28	T14	PROLEC	7620	240	62.50	15	1.69	ADD	Aluminio	ago-17
29	T15	SUNBELT	13200	480	1202.81	1000	5.6		Aluminio	dic-10

Tabla 7. Datos generales de transformadores.

Fuente: Elaboración propia.

La red eléctrica de media tensión de nuevo Carnic cuenta con 38 puntos repartidos en el plantel, a su vez cuenta con una longitud de 1180 mts lineales de cableado primario todo esto en calibre #1/0 AWG de cable ACSR de 3 fases más neutro. Aparte cuenta con una medición primaria y un recloser instalado en el punto p1 de la instalación, seccionadores de barra sólida para bypass del recloser y 3 seccionadores tripolares para la desconexión de transformadores elevadores de voltaje utilizados para los grupos electrógenos y sistema fotovoltaico.

La red de media tensión cuenta con 29 transformadores repartidos en 15 centros de transformación, cada uno contando con sus elementos de protecciones como lo son cuchillas portafusibles y pararrayos autovalvulares, a excepción de los transformadores T2 y T3 que en vez de CCF cuentan con seccionadores de barras solidas tripolares de 400 Amp.

También se cuenta con un transformador dedicado a servicio de Alumbrado que alimenta 12 lámparas tipo cobra de 250 W, ubicadas en áreas estratégicas del plantel.

4.1.1. Medición primaria

La medición primaria instalada tipo convencional que se deriva hacia el interior de la planta, está ubicada en el acceso norte de la planta, la derivación esta seccionada por un juego trifásico de SECCIONADORES DE BARRA SOLIDA con matrícula M1590.



Fotografía 1: Poste de la red de DN-DS ubicado en la vía ubica donde se ubica la medición primaria.

Fuente: Fotografía Propia.

Dicha medición primaria está conectada al circuito de distribución ORT 3040 de la red de DN-DS.

4.1.2. Recloser

El primer punto de llegada de las líneas aguas debajo de la medición primaria se encuentra un interruptor reconectador automático (RECLOSER)

Ubicado en el P1

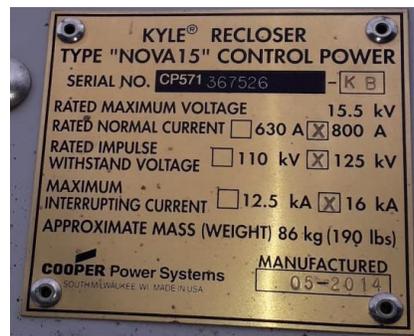
RECLOSER



Fotografía 2: Recloser.

Fuente: Fotografía propia.

DATOS DE PLACA DEL RECLORES

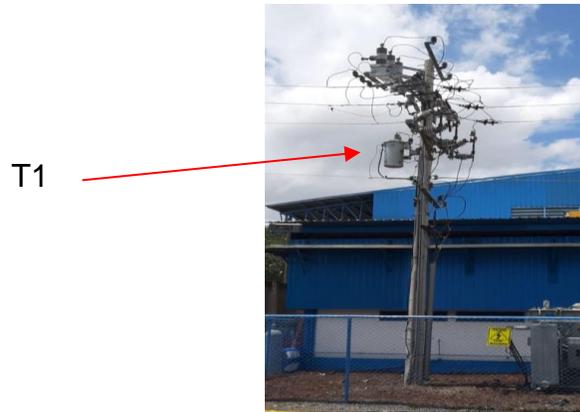


Fotografía 3: placa de datos de Recloser.

Fuente: Fotografía propia.

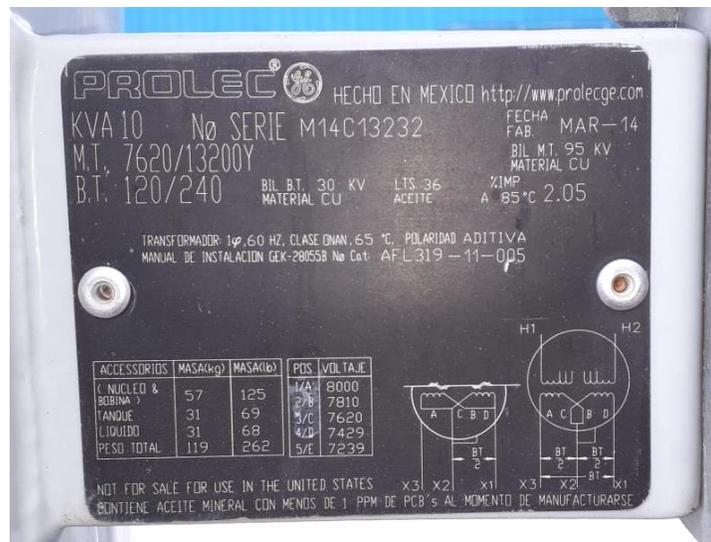
4.1.3. Centro de transformación T1

Instalado en el P1 transformador monofásico de 10 KVA, este sirve de alimentación al Recloser.



Fotografía 4: Transformador T1.

Fuente: Fotografía propia.



Fotografía 5: Datos de placa Transformador T1.

Fuente: Fotografía propia.

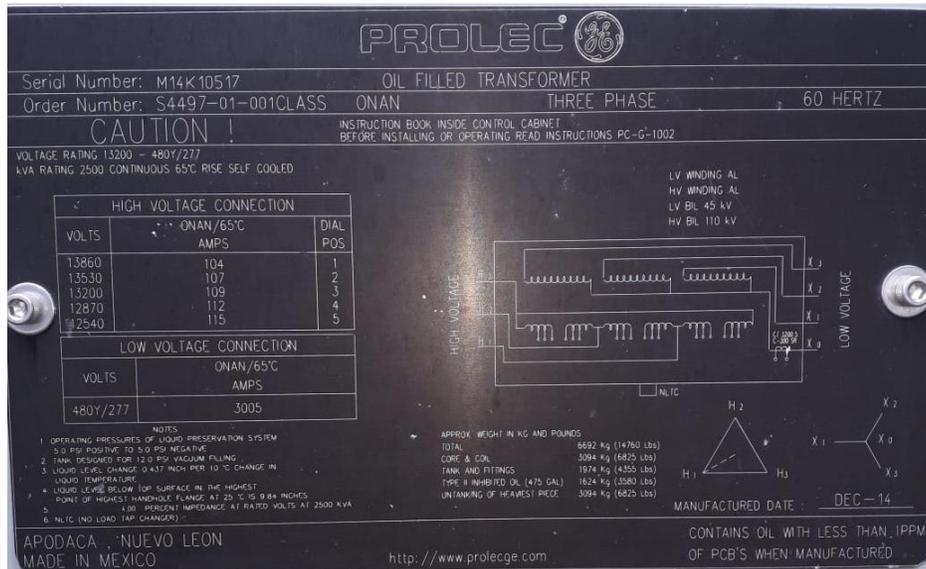
4.1.4. Centro de transformación T2

Centro de transformación de 2500 KVA tipo subestación ubicado entre P2 y P3 que alimenta las áreas de sala de máquinas 1 y producción.



Fotografía 6: Transformador T2.

Fuente: Fotografía propia.



Fotografía 7: Datos de placa Transformador T2.

Fuente: Fotografía propia.

4.1.5. Centro de transformación T3

Centro de transformación de 1500 KVA tipo subestación ubicado entre P2 y P3 que alimenta las áreas de sala de máquinas 1 y producción.



T3

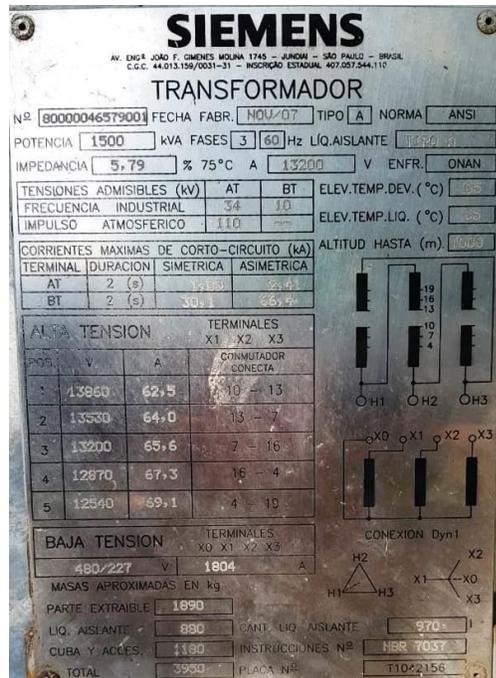


Fotografía 8: Transformador T3.

Fotografía 9: Transformador T3 y poste P3.

Fuente: Fotografía propia.

Fuente: Fotografía propia.



Fotografía 10: Datos de placa de Transformador T3.

Fuente: Fotografía propia.

4.1.6. Centro de transformación T4

Centro de transformación de 75 KVA compuesto en un banco de 3 transformadores de tipo convencionales de 25 kVA instalados en el P8. Sirve de alimentación al pozo #1.

T4



Fotografía 11: Centro de transformación T4.

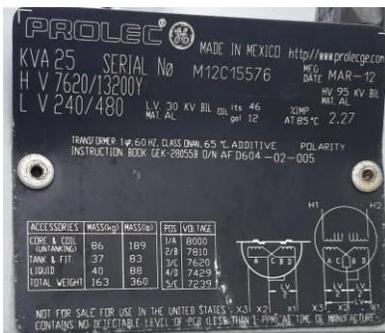
Fuente: Fotografía propia.

Datos de placa de T4

T4.1

T4.2

T4.3



Fotografía 12: Placa de datos de Transformador T4.1.

Fuente: Fotografía propia.



Fotografía 13: Placa de datos de Transformador T4.2

Fuente: Fotografía propia.



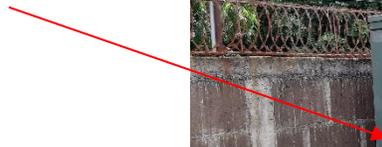
Fotografía 14: Placa de datos de Transformador T4.3

Fuente: Fotografía propia.

4.1.7. Centro de transformación T5

Centro de transformación tipo Pad Mounted de 1500 KVA, este transformador está asociado un grupo electrógeno de respaldo, tal y como se aprecia en el diagrama unifilar es alimentado desde el generador y eleva el voltaje de 480 V. a 13.2 kV alimentando la línea a área para poder tener respaldo una vez que falle la energía comercial.

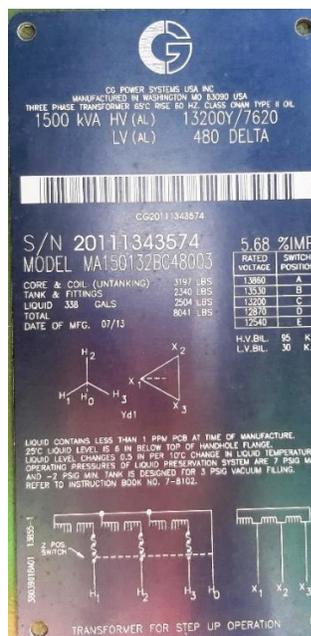
T5



Fotografía 15: Transformador T5

Fuente: Fotografía propia.

Datos de placa de T5



Fotografía 16: Placa de datos de Transformador T5

Fuente: Fotografía propia.

4.1.8. Centro de transformación T6

Transformador tipo monoblock de 50 kVA que alimenta al pozo #3, este se encuentra instalado en una estructura “H” entre el punto P10 y P11. Este centro de transformación tiene matrícula BDI: 53989.

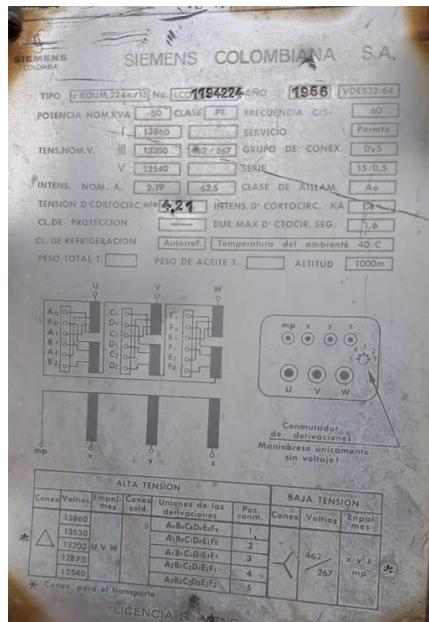
T6



Fotografía 17: Transformador T6

Fuente: Fotografía propia.

Datos de placa de T6



Fotografía 18: Placa de datos de Transformador T6

Fuente: Fotografía propia.

4.1.9. Centro de transformación T7

Centro de transformación de 300 KVA compuesto en un banco de 3 transformadores de tipo convencionales de 100 kVA instalados en plataforma. Sirve de alimentación a la planta de tratamiento.

T7



Fotografía 19: Centro de transformación T7

Fuente: Fotografía propia.

Datos de placa de T7

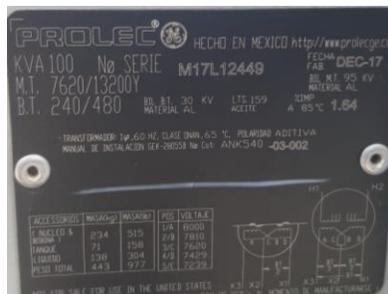
T7.1



Fotografía 20: Placa de datos de Transformador T7.1

Fuente: Fotografía propia.

T7.2



Fotografía 21: Placa de datos de Transformador T7.2

Fuente: Fotografía propia.

T4.3



Fotografía 22: Placa de datos de Transformador T7.3

Fuente: Fotografía propia.

4.1.10. Centro de transformación T8

Centro de transformación de 75 KVA compuesto en un banco de 3 transformadores de tipo convencionales de 25 kVA instalados en el P18. Sirve de alimentación al sistema de aguas verdes, galerón de abonos y bodega de abono.

T8

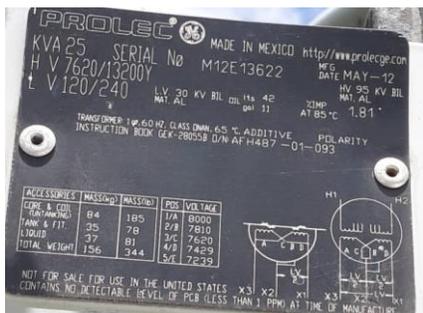


Fotografía 23: Centro de transformación T8

Fuente: Fotografía propia.

Datos de placa de T8.

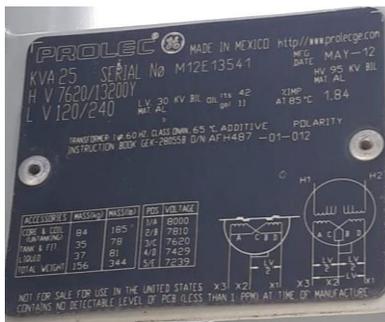
T8.1



Fotografía 24: Placa de datos de Transformador T8.1

Fuente: Fotografía propia.

T8.2



Fotografía 25: Placa de datos de Transformador T8.2

Fuente: Fotografía propia.

T8.3



Fotografía 26: Placa de datos de Transformador T8.3

Fuente: Fotografía propia.

4.1.11. Centro de transformación T9

Centro de transformación de 150 KVA compuesto en un banco de 3 transformadores de tipo convencionales de 50 kVA instalados en el P19. Sirve de alimentación al sistema de aguas verdes y pozo 2.

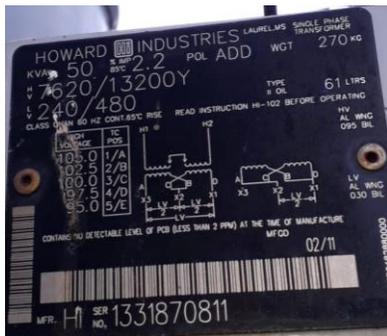


Fotografía 27: Centro de transformación T9

Fuente: Fotografía propia.

Datos de placa de T9

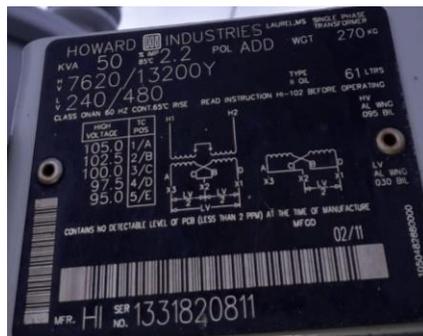
T9.1



Fotografía 28: Placa de datos de Transformador T9.1

Fuente: Fotografía propia.

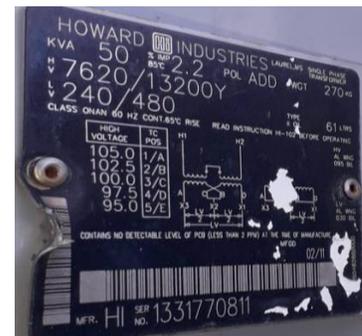
T9.2



Fotografía 29: Placa de datos de Transformador T9.2

Fuente: Fotografía propia.

T9.3



Fotografía 30: Placa de datos de Transformador T9.3

Fuente: Fotografía propia.

4.1.12. Centro de transformación T10

Centro de transformación de 225 KVA compuesto en un banco de 3 transformadores de tipo convencionales de 75 kVA instalados en el P20. Sirve de alimentación a la planta de Jabón.



Fotografía 31: Centro de transformación T10.

Fuente: Fotografía propia.

Datos de placa de T10

T10.1



Fotografía 32: Placa de datos de Transformador T10.1

Fuente: Fotografía propia.

T10.2



Fotografía 33: Placa de datos de Transformador T10.2

Fuente: Fotografía propia.

T10.3



Fotografía 34: Placa de datos de Transformador T10.3

Fuente: Fotografía propia.

4.1.13. Centro de transformación T11

Centro de transformación de 112.5 KVA compuesto en un banco de 3 transformadores de tipo convencionales de 37.5 kVA instalados en el P35. Sirve de alimentación a las áreas de monitoreo, laboratorio, caseta principal y área administrativa.



Fotografía 35: Centro de transformación T11

Fuente: Fotografía propia.

Datos de placa de T11

T11.1



Fotografía 36: Placa de datos de Transformador T11.1

Fuente: Fotografía propia.

T11.2



Fotografía 37: Placa de datos de Transformador T11.2

Fuente: Fotografía propia.

T11.3



Fotografía 38: Placa de datos de Transformador T11.3

Fuente: Fotografía propia.

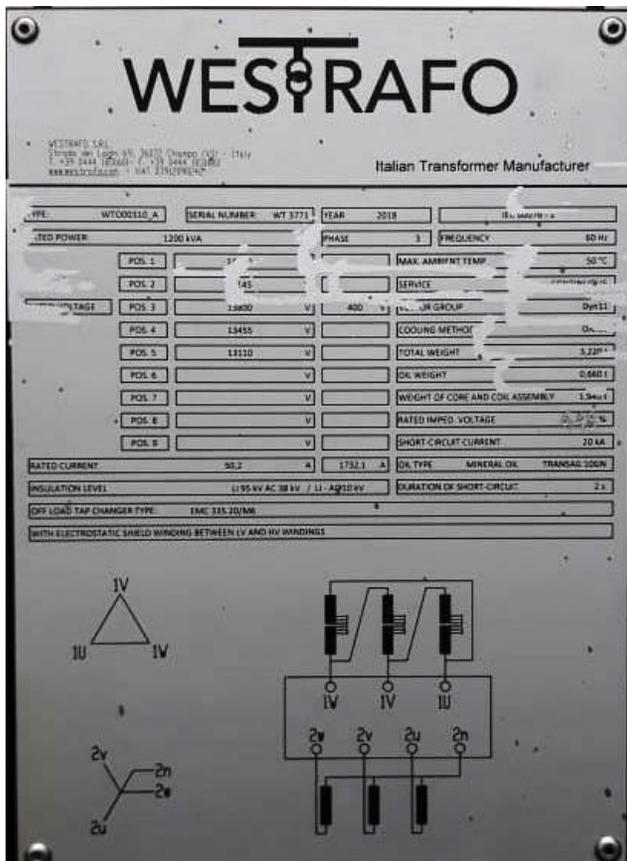
4.2. Centro de transformación T12

Centro de transformación de 1200 KVA tipo subestación encapsulado en contenedor de control del sistema de generación fotovoltaico, alimenta a la línea aérea de media tensión interna a través del punto P38 de red.



Fotografía 39: Punto de conexión a la red del sistema de generación fotovoltaica de Centro de transformación T12.

Fuente: Fotografía propia.



Fotografía 40: Placa de datos de Transformador T12.

Fuente: Fotografía propia.

4.2.1. Centro de transformación T13

Centro de transformación de 150 KVA compuesto en un banco de 3 transformadores de tipo convencionales de 50 kVA instalados en el P36. Sirve de alimentación a las áreas de contenedores de refrigeración.

T13

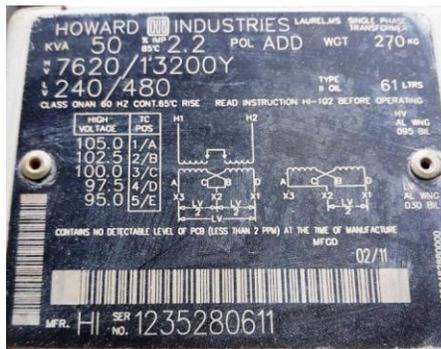


Fotografía 41: Centro de transformación T13.

Fuente: Fotografía propia.

Datos de placa de T13

T13.1



Fotografía 42: Placa de datos de Transformador T13.1

Fuente: Fotografía propia.

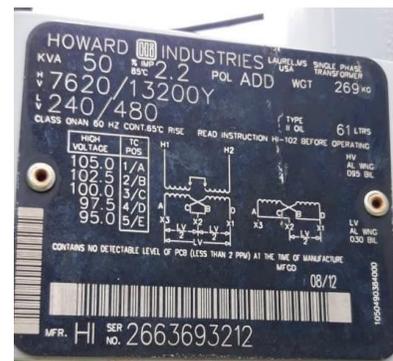
T13.2



Fotografía 43: Placa de datos de Transformador T13.2

Fuente: Fotografía propia.

T13.3



Fotografía 44: Placa de datos de Transformador T13.4

Fuente: Fotografía propia.

4.2.2. Centro de transformación T14

Centro de transformación de 10 KVA compuesto en un transformador de tipo convencional de 10 kVA instalado en el P38. Sirve de alimentación al área de la planta de generación fotovoltaica para uso de alumbrado.

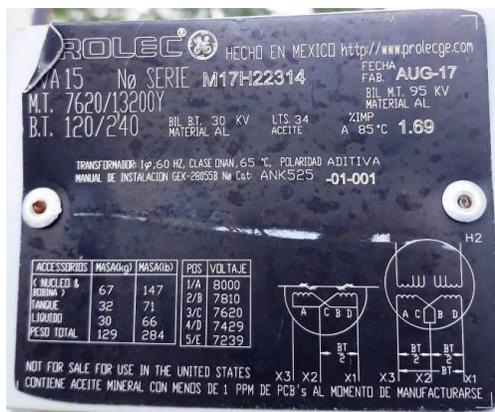


T14

Fotografía 45: Transformador T14.

Fuente: Fotografía propia.

Datos de placa de T14



Fotografía 46: Placa de datos de Transformador T14.

Fuente: Fotografía propia.

4.2.3. Centro de transformación T15

Centro de transformación tipo Pad Mounted de 1500 KVA, sirve de alimentación a la salde maquinas #2.

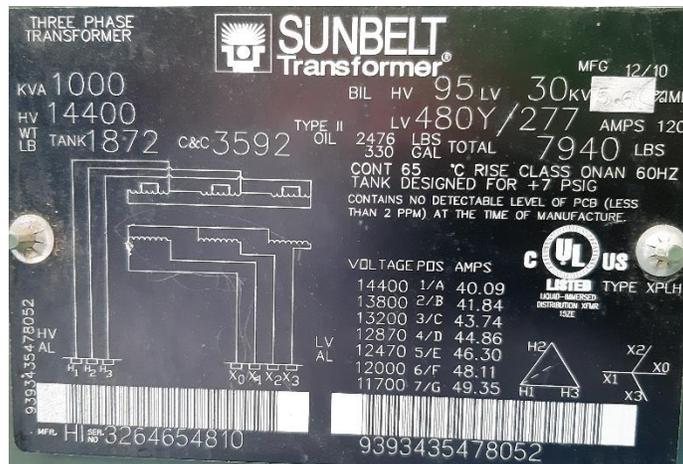
T15



Fotografía 47: Transformador T15.

Fuente: Fotografía propia.

Datos de placa de T15



Fotografía 48: Placa de datos de Transformador T15.

Fuente: Fotografía propia.

Capítulo 5

Análisis y presentación de resultados.

El propósito del análisis es verificar los parámetros más fundamentales o primordiales para un análisis con respecto a cargas lineales y no lineales y su comportamiento en la red interna, para así poder realizar con más eficacia una modificación a la red y conocer cómo se encuentra el circuito en capacidad de corriente, tensión.

Dentro de los alcances del proyecto está un registro y análisis de los parámetros eléctricos de 12 puntos de medición de NUEVO CARNIC, para confirmar el estado de cada punto de medición con respecto a la carga y la fuente de alimentación.

Para esto se utilizó el equipo FLUKE 435 serie II, equipo analizador de redes. Este equipo tiene las siguientes características:

- Eficiencia de los inversores de potencia: mide simultáneamente la potencia de salida de CA y la entrada de CC en sistemas electrónicos de potencia con una sonda opcional de CC.
- Captura de datos PowerWave: captura rápidamente datos RMS y muestra medios ciclos y formas de onda para caracterizar la dinámica de los sistemas eléctricos (arranque de generadores, conmutaciones en SAI, etc.)
- Calculadora de pérdida de energía: las mediciones clásicas de potencia activa y reactiva, desequilibrios y armónicos se cuantifican para poner de manifiesto el coste fiscal de las pérdidas de energía.
- Solución de problemas en tiempo real: analice las tendencias mediante las herramientas de cursor y zoom.
- La categoría de seguridad más alta del sector: conforme a 600 V CAT IV/1000 V CAT III para su uso en la acometida de servicio.
- Mida las tres fases y el neutro: con cuatro puntas de prueba de corrientes flexibles incluidas y un diseño delgado mejorado para adaptarse a los lugares más estrechos.
- Tendencia automática: todas las medidas se registran siempre automáticamente, sin necesidad de configuración alguna.
- Monitor del sistema: diez parámetros de calidad de potencia en una sola pantalla, de acuerdo con la norma de calidad de potencia eléctrica EN50160.

- Función de registrador: configure cualquier condición de prueba con memoria para hasta 600 parámetros en intervalos definidos por el usuario.
- Vea gráficos y genere informes: con el software de análisis que se incluye.
- Duración de la batería: siete horas de tiempo de funcionamiento por carga en un pack de baterías de ión litio.

Con este equipo se logró registrar la tensión de fase-neutro, tensión de fase-fase, corrientes de fase, factor de potencia, energía activa, energía aparente, potencia demanda en un periodo de 24 horas con intervalos de almacenamiento y medición de 10 minutos para cada centro de carga de sus respectivos bancos de transformación.

ITEM	BANCO DE TRANSFORMADORES DE LA CARGA	POTENCIA INSTALADA (kVA)	DEMANDA (kW)	DESBALANCE DE CARGA(%)	FACTOR DE POTENCIA	CARGABILIDAD DEL BANCO(%)
1	T1 Tr 10 Kva	10	2.20	15.24%	0.91	24.18%
2	T2 Tr 2500 Kva	2500	1,770.00	15.28%	0.87	81.38%
3	T3 Tr 1250 kVA	1250	791.20	14.24%	0.9	70.33%
4	T4 Tr 3x25 kVA, pozo #1	75	7.45	6.24%	0.62	16.01%
6	T6 Tr 50 kVA 3F, pozo #3	50	15.56	7.33%	0.74	42.06%
7	T7 Tr 3x100 kVA, planta de tratamiento	300	99.83	0.69%	0.74	44.97%
8	T8 Tr 3x25 kVA aguas verde	75	2.95	6.35%	0.22	17.87%
9	T9 Tr 3x50 kVA pozo #2	150	10.00	7.56%	0.4	16.67%
10	T10 Tr 3x75 kVA planta de jabon	225	171.83	15.40%	0.86	88.80%
11	T11 Tr 3x37.5 kVA, laboratorio ats; administracion ats; gerencia ats	112.5	43.75	94.54%	0.48	81.02%
13	T13 Tr 3x50 kVA, tomacorrientes contenedor	150	33.19	4.61%	0.59	37.51%
14	T14 Tr 1x10 kVA, alumbrado exterior	10	3.30	4.50%	0.75	44.00%
15	T15 Tr 1000 kVA, sala de maquinas #2	1000	523.19	6.69%	0.91	57.49%
TOTAL		5,907.50	3,474.45			

ITEM	BANCO DE TRANSFORMADORES ELEVADORES CON GENERADOR	POTENCIA INSTALADA (kVA)	DEMANDA (kW)	BALANCE (%)	FACTOR DE POTENCIA	CARGABILIDAD (%)
5	T5 Tr 1500 kVA 3F, Transformador elevador con generador diesel	1500				
12	T12 Tr 1200 kVA 3F, Transformador elevador con planta solar	1200				
TOTAL		2,700.00				

Tabla 9. Resumen de medición promedio los centros de transformación de Nuevo Carnic.

Fuente: Elaboración propia.

5.1. Análisis de resultados obtenidos

5.1.1. Centro de transformación T1

Centro de transformación de 10 KVA tipo poste ubicado entre P2 que alimenta al control del recloser.

T1 Tr 10 kVA, Recloser			
Desbalance	15.24%		
Energía		Demanda	2.20
FP	0.91	Cargabilidad	24.18%

Tabla 10. Resultado de medición Centro de transformación T1.

Fuente: Elaboración propia.

Observaciones:

- Transformador balanceado la norma exige un 3% a 5% de desbalance.
- Buen factor de potencia, por encima de 0.85 en atraso.
- Transformador está dentro la deficiencia de trabajo en cuanto su carga (rango eficiente 70%-95%, rango de sobrecarga momentáneo 95%-120%).

5.1.2. Centro de transformación T2

Centro de transformación de 2500 KVA tipo subestación ubicado entre P2 y P3 que alimenta las áreas de sala de máquinas 1 y producción

T2 Tr 2500 Kva			
Desbalance	15.28%		
Energía	276,184.00	Demanda	1,770.03
FP	0.87	Cargabilidad	81.38%

Tabla 11. Resultado de medición Centro de transformación T2.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, detallamos el comportamiento y variación de factor de potencia (Ilustración 25), el consumo de energía (Ilustración 26) y demanda de potencia (Ilustración 27) del centro de transformación T2.

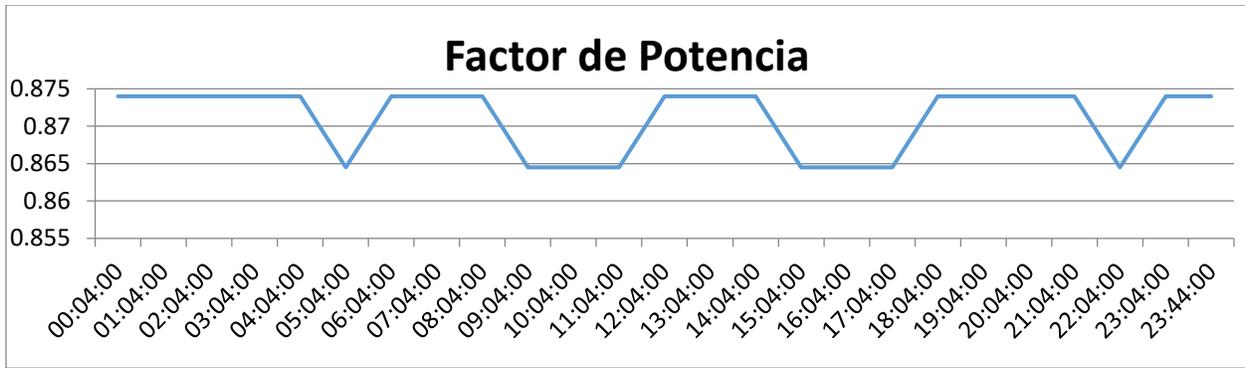


Ilustración 25. Comportamiento de F.P. de Centro de transformación T2 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

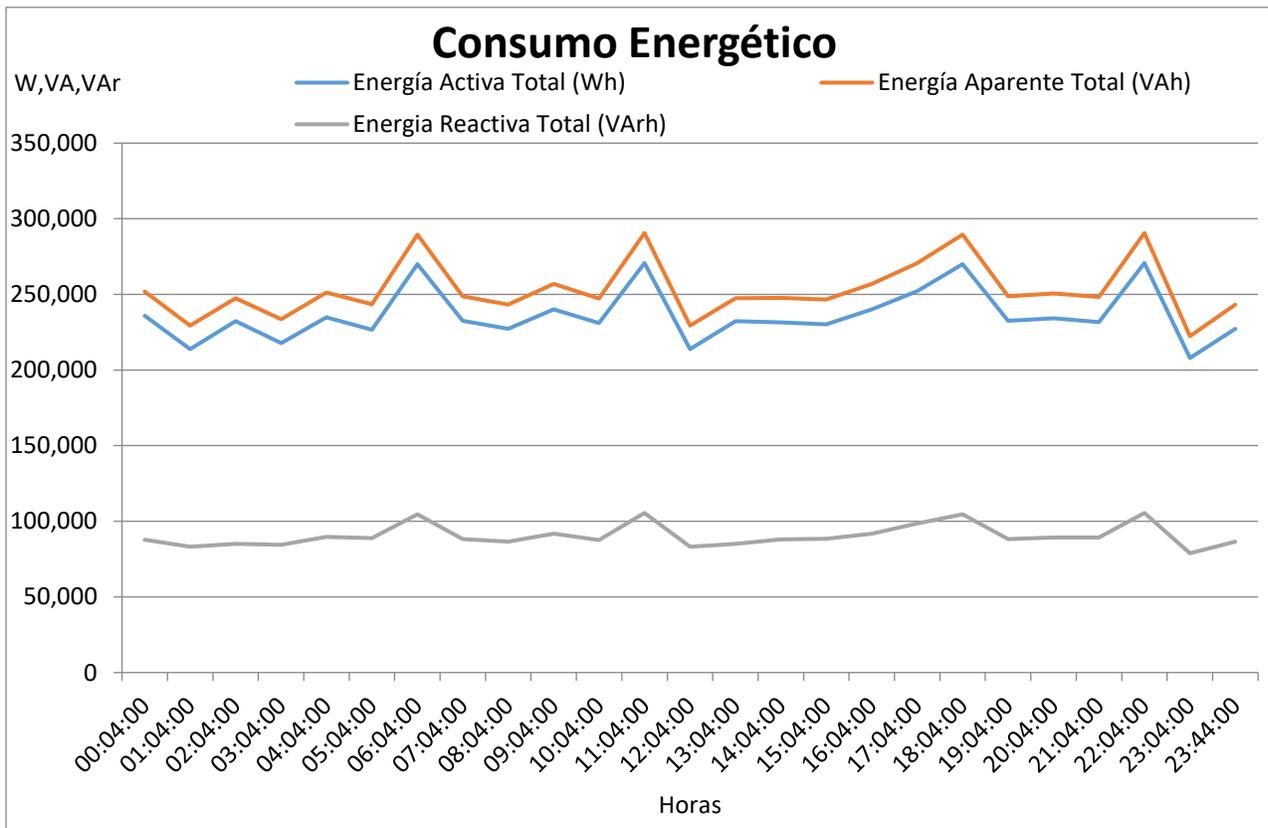


Ilustración 26. Comportamiento de Energía de T2 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

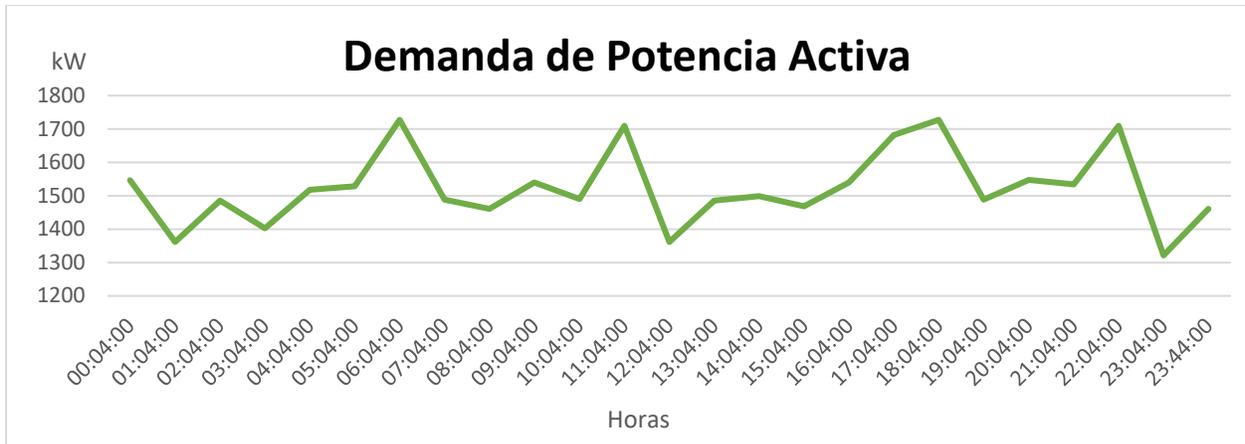


Ilustración 27. Comportamiento de la demanda máxima. de T2 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

Observaciones:

- Transformador desbalanceado la norma exige un 3% a 5% de desbalance.
- Buen factor de potencia, por encima de 0.85 en atraso.
- Transformador está dentro la eficiencia de trabajo en cuanto su carga (rango eficiente 70%-95%, rango de sobrecarga momentáneo 95%-120%).

5.1.3. Centro de transformación T3

Centro de transformación de 1250 KVA tipo subestación ubicado entre P2 y P3 que alimenta las áreas de sala de máquinas 1 y producción.

T3 Tr 1250 kVA			
Desbalance	12.34%		
Energia	35,210.00	Demanda	791.19
FP	0.91	Cargabilidad	69.56%

Tabla 12. Resultado de medición Centro de transformación T3.

Fuente: Elaboración propia.

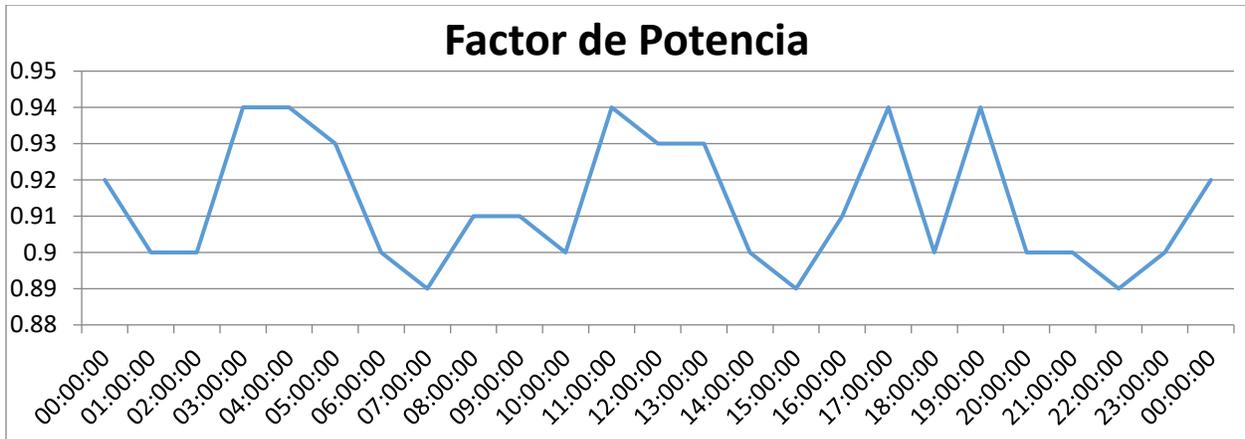


Ilustración 28. Comportamiento de F.P. de Centro de transformación T3 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

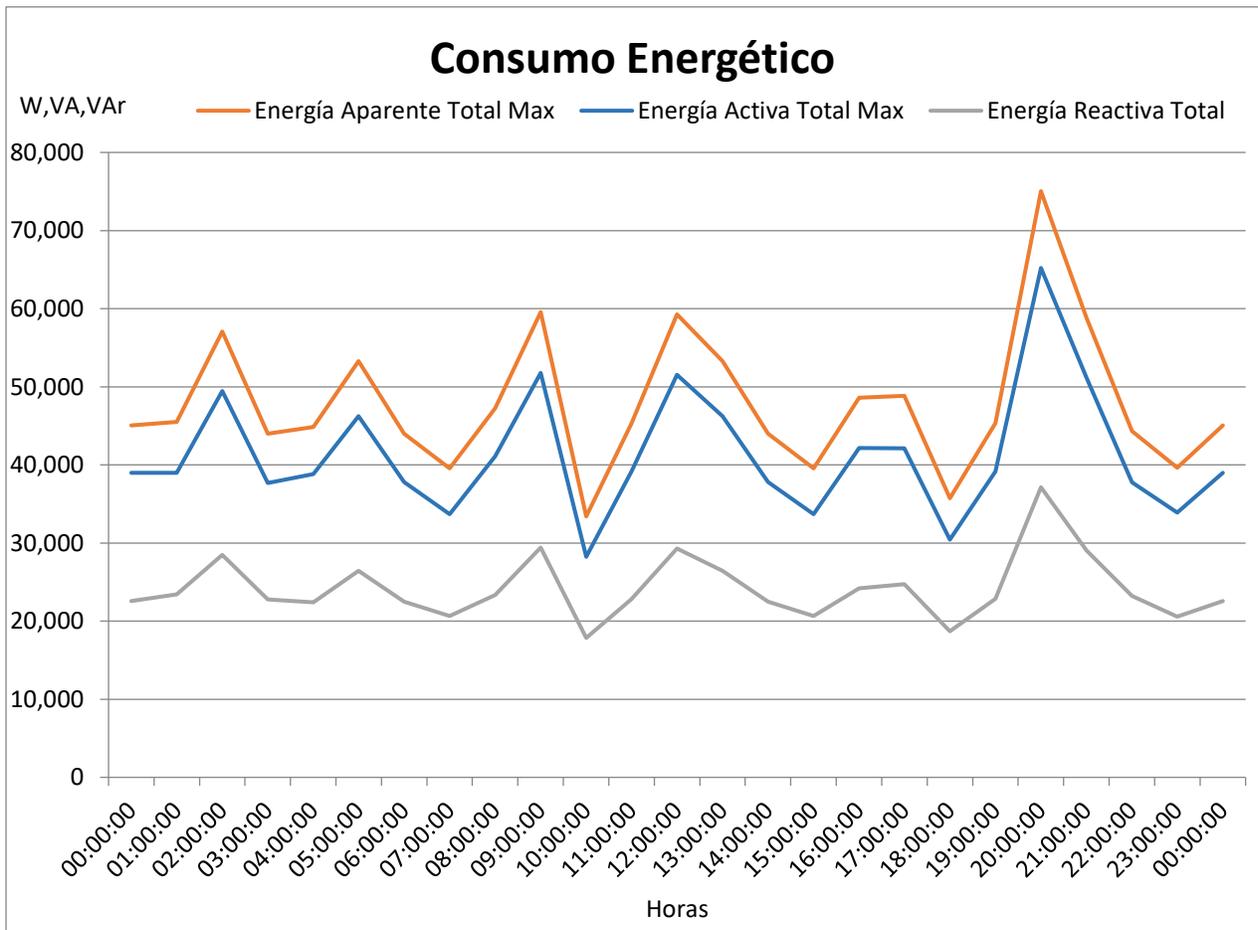


Ilustración 29. Comportamiento de Energía de T3 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

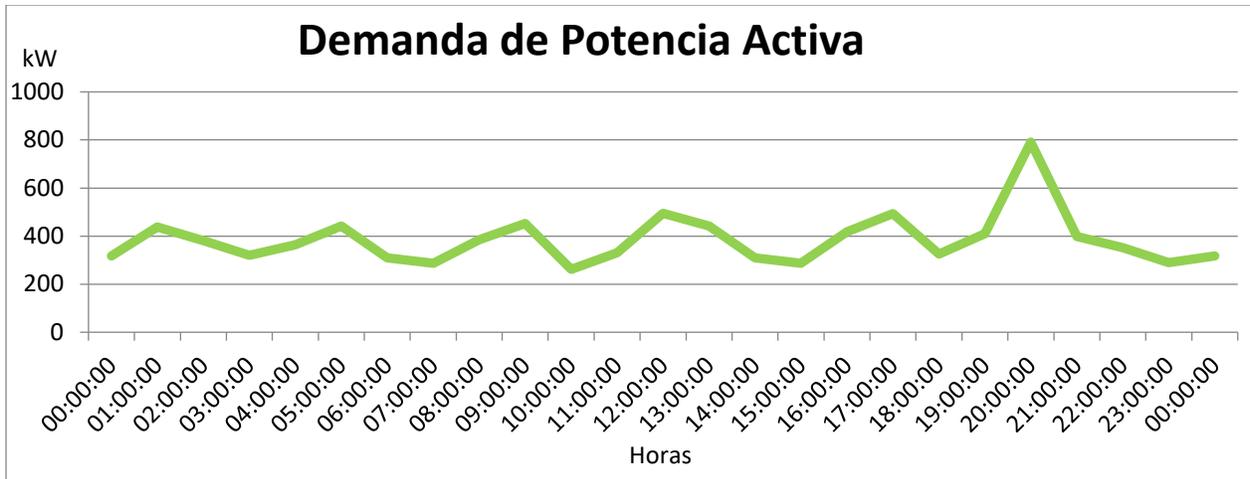


Ilustración 30. Comportamiento de la demanda máxima. de T3 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

Observaciones:

- Transformador desbalanceado la norma exige un 3% a 5% de desbalance.
- Buen factor de potencia, por encima de 0.85 en atraso.
- Transformador está dentro la eficiencia de trabajo en cuanto su carga (rango eficiente 70%-95%, rango de sobrecarga momentáneo 95%-120%).

5.1.4. Centro de transformación T4

Centro de transformación de 75 KVA compuesto en un banco de 3 transformadores de tipo convencionales de 25 kVA instalados en el P8. Sirve de alimentación al pozo #1.

T4 Tr 3x25 kVA, pozo #1			
Desbalance	6.25%		
Energía	1,234.00	Demanda	7.45
FP	0.62	Cargabilidad	16.01%

Tabla 13. Resultado de medición Centro de transformación T4.

Fuente: Elaboración propia.

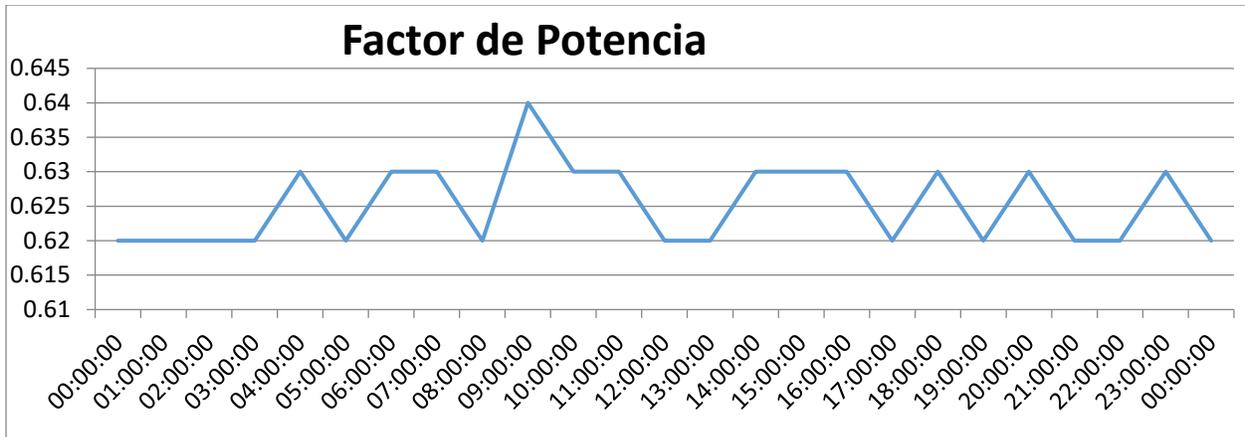


Ilustración 31. Comportamiento de F.P. de Centro de transformación T4 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

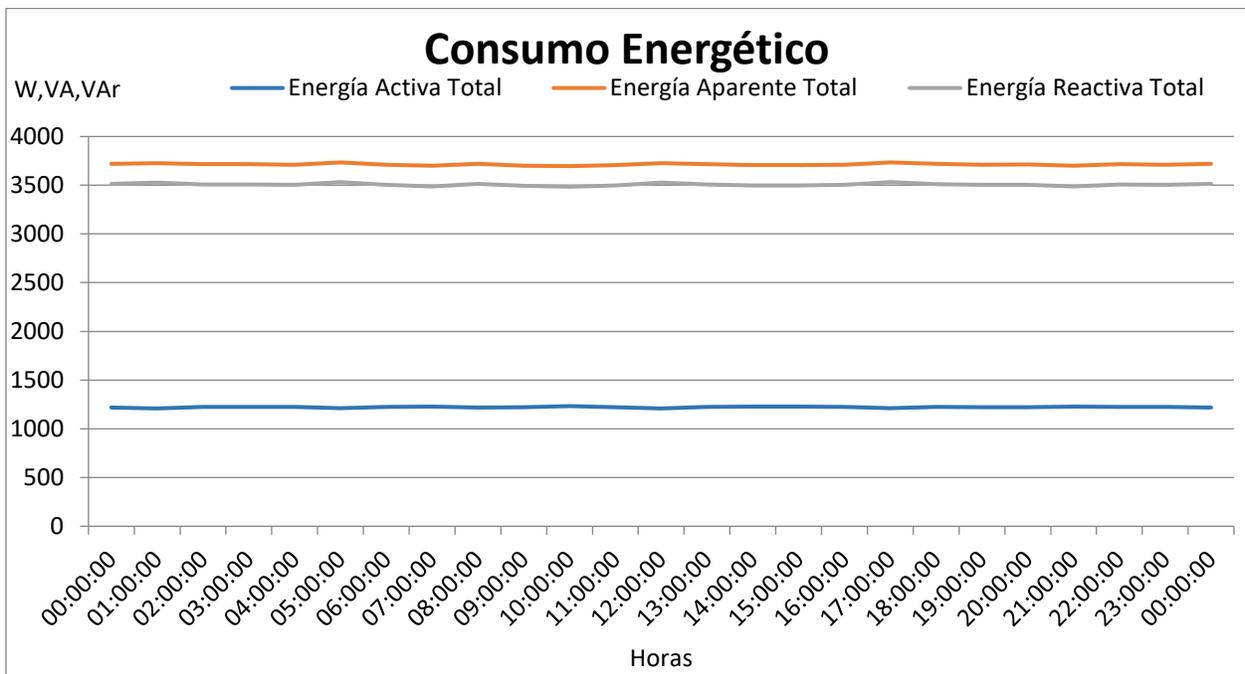


Ilustración 32. Comportamiento de Energía de T4 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

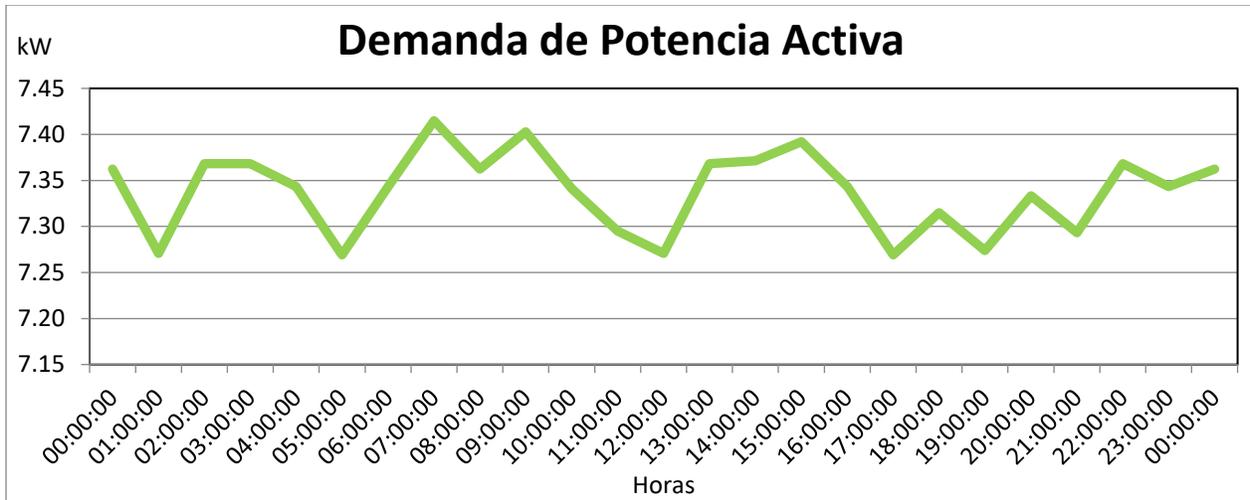


Ilustración 33. Comportamiento de la demanda máxima, de T4 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

Observaciones:

- Transformador desbalanceado la norma exige un 3% a 5% de desbalance.
- Mal factor de potencia, por debajo de 0.85 en atraso.
- Transformador está deficiente de trabajo en cuanto su carga (rango eficiente 70%-95%, rango de sobrecarga momentáneo 95%-120%).

5.1.5. Centro de transformación T6

Transformador tipo monoblock de 50 kVA que alimenta al pozo #3, este se encuentra instalado en una estructura “H” entre el punto P10 y P11. Este centro de transformación tiene matrícula BDI: 53989.

T6 Tr 50 kVA, pozo #3			
Desbalance	7.33%		
Energía	1,273.00	Demanda	15.56
FP	0.74	Cargabilidad	42.06%

Tabla 14. Resultado de medición Centro de transformación T6.

Fuente: Elaboración propia.

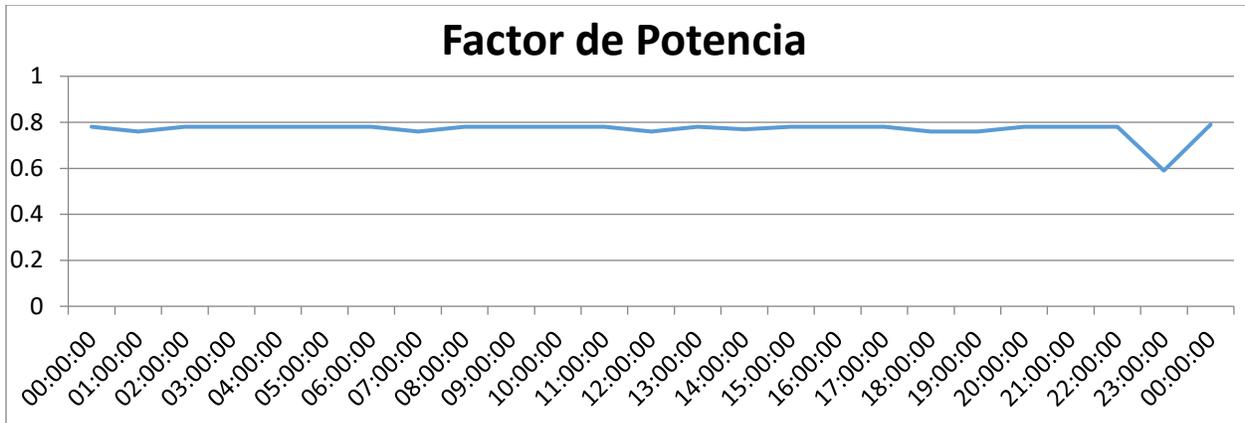


Ilustración 34. Comportamiento de F.P. de Centro de transformación T6 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

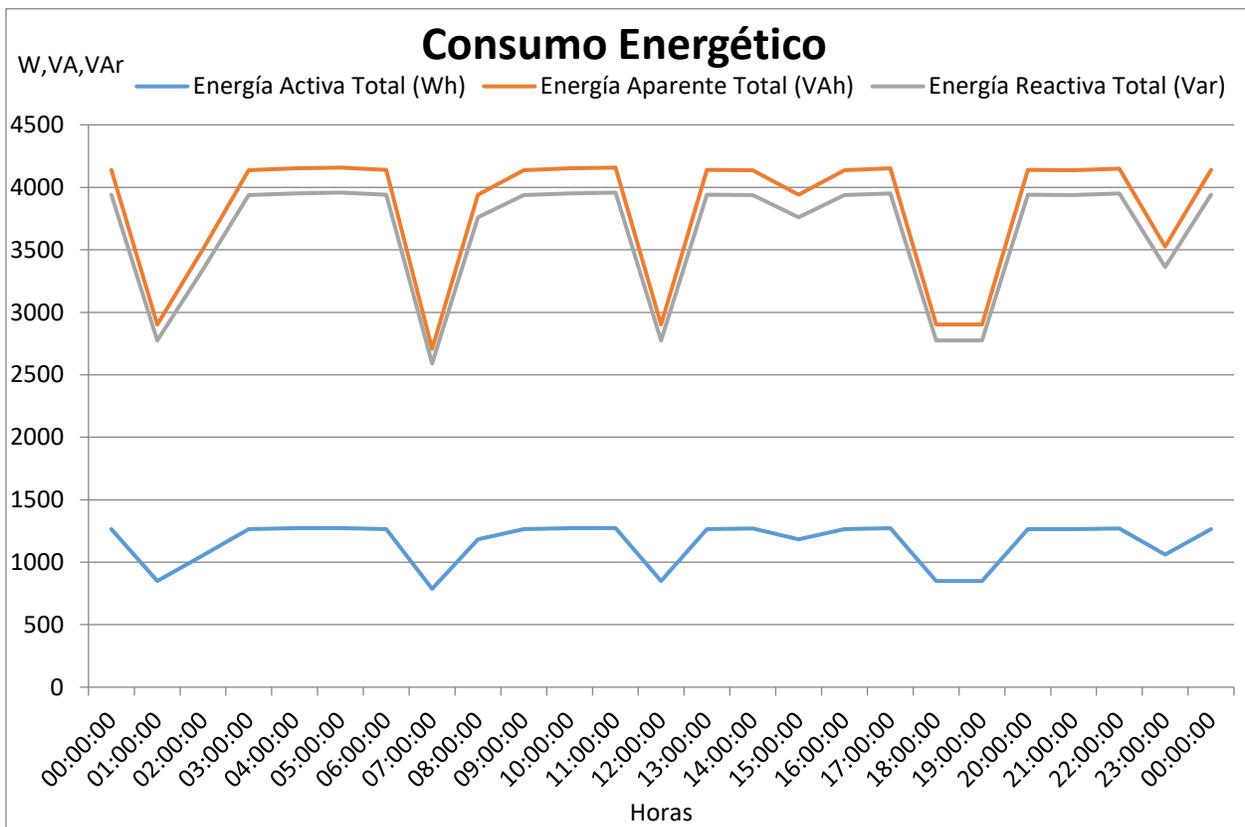


Ilustración 35. Comportamiento de Energía de T6 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

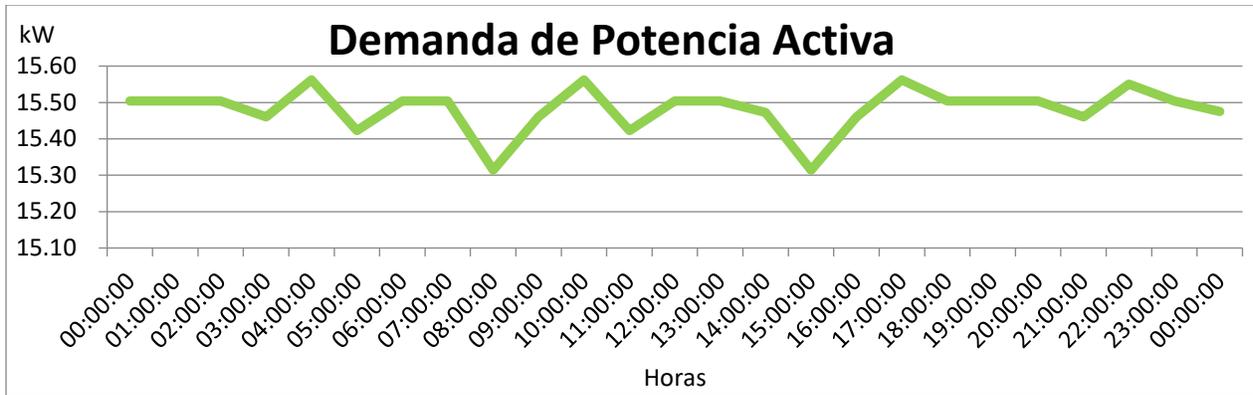


Ilustración 36. Comportamiento de la demanda máxima. de T6 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

Observaciones:

- Transformador desbalanceado la norma exige un 3% a 5% de desbalance.
- Mal factor de potencia, por debajo de 0.85 en atraso.
- Transformador está deficiente de trabajo en cuanto su carga (rango eficiente 70%-95%, rango de sobrecarga momentáneo 95%-120%).

5.1.6. Centro de transformación T7

Centro de transformación de 3x100 KVA compuesto en un banco de 3 transformadores de tipo convencionales de 100 kVA instalados en plataforma. Sirve de alimentación a la planta de tratamiento.

T7 Tr 300 kVA, planta de tratamiento			
Desbalance	0.70%		
Energía	8,743.00	Demanda	99.83
FP	0.74	Cargabilidad	44.97%

Tabla 15. Resultado de medición Centro de transformación T7.

Fuente: Elaboración propia.

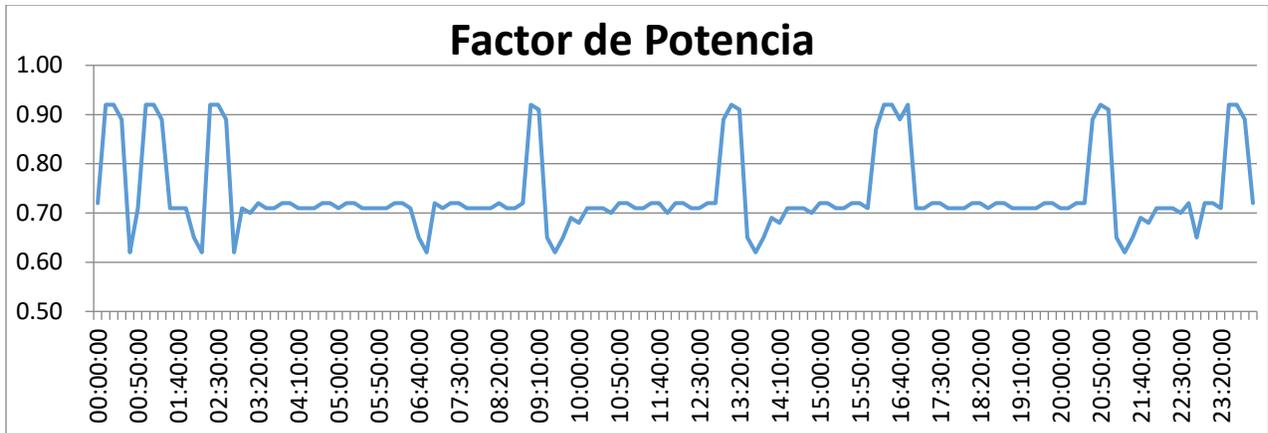


Ilustración 37. Comportamiento de F.P. de Centro de transformación T7 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

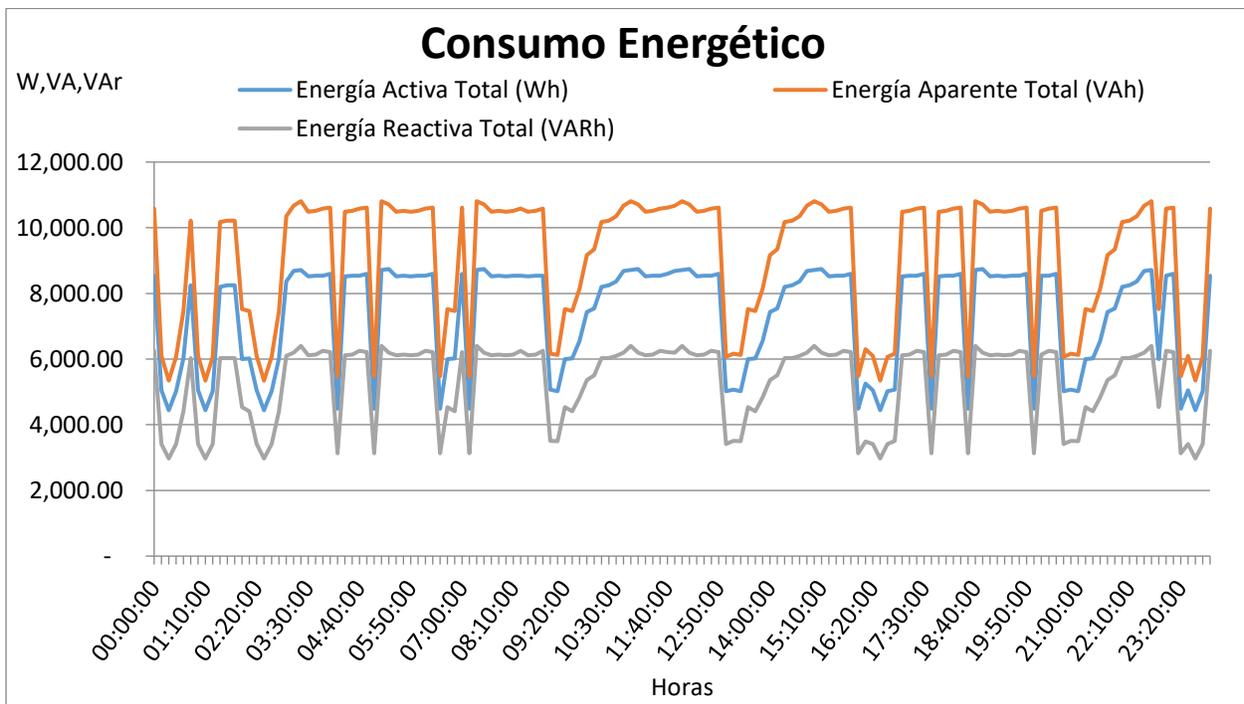


Ilustración 38. Comportamiento de Energía de T7 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

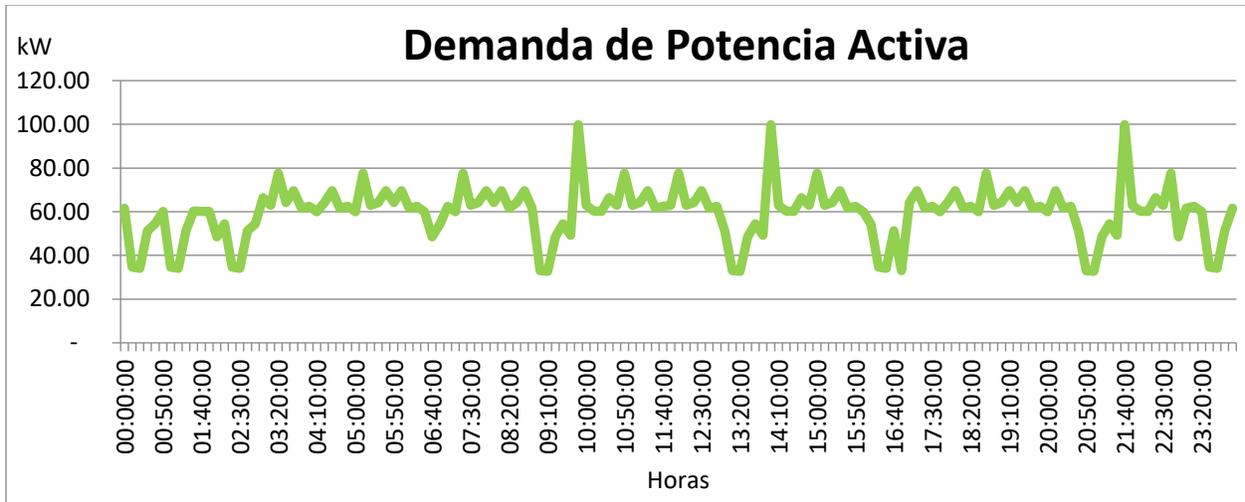


Ilustración 39. Comportamiento de la demanda máxima. de T7 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

Observaciones:

- Transformador balanceado según la norma que exige un 3% a 5% de desbalance máximo.
- Mal factor de potencia, por debajo de 0.85 en atraso.
- Transformador está deficiente de trabajo en cuanto su carga (rango eficiente 70%-95%, rango de sobrecarga momentáneo 95%-120%).

5.1.7. Centro de transformación T8

Centro de transformación de 75 KVA compuesto en un banco de 3 transformadores de tipo convencionales de 25 kVA instalados en el P18. Sirve de alimentación al sistema de aguas verdes, galerón de abonos y bodega de abono.

T8 Tr 3x25 kVA aguas verde			
Desbalance	6.21%		
Energía	621.00	Demanda	2.95
FP	0.22	Cargabilidad	17.87%

Tabla 16. Resultado de medición Centro de transformación T8.

Fuente: Elaboración propia.

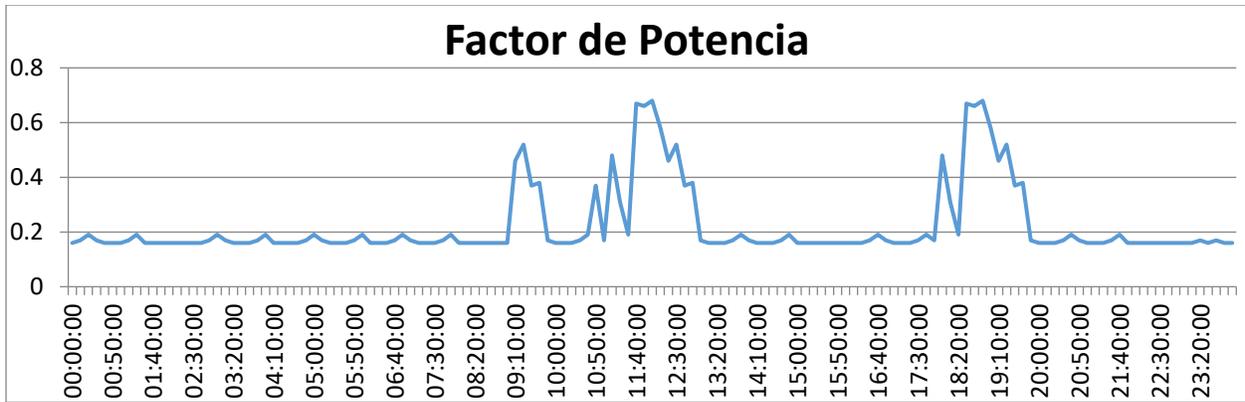


Ilustración 40. Comportamiento de F.P. de Centro de transformación T8 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

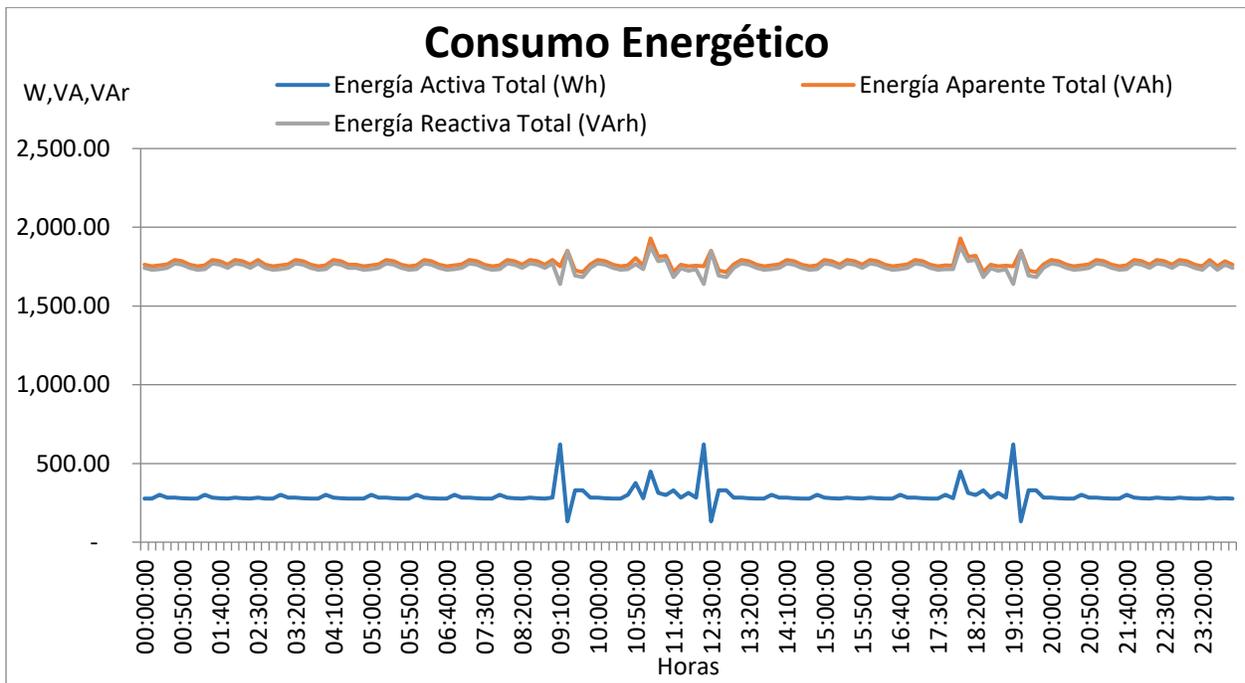


Ilustración 41. Comportamiento de Energía de T8 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

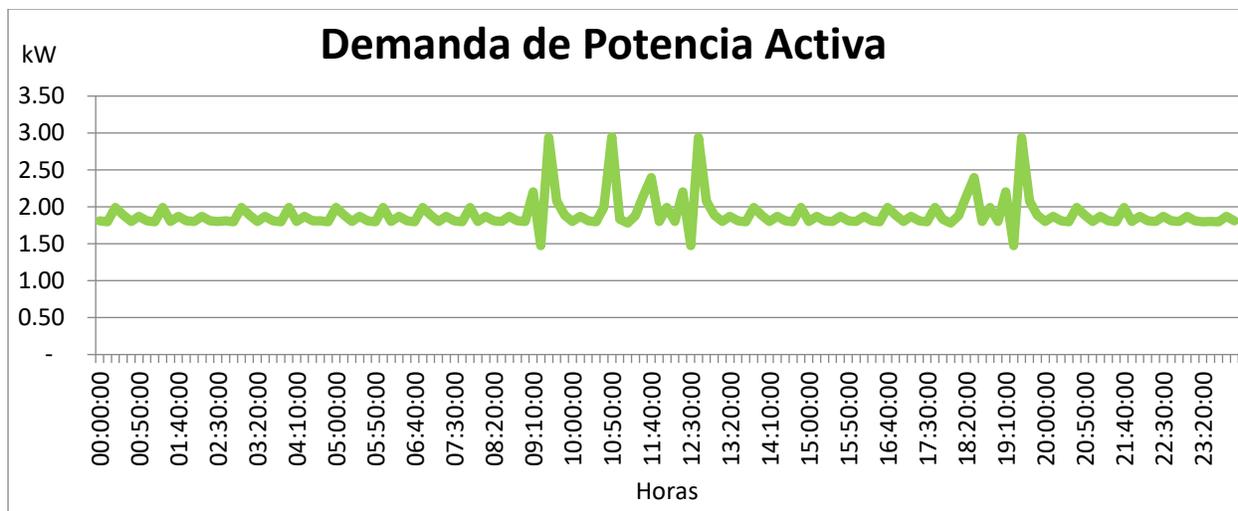


Ilustración 42. Comportamiento de la demanda máxima. de T8 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

Observaciones:

- Transformador desbalanceado la norma exige un 3% a 5% de desbalance.
- Mal factor de potencia, por debajo de 0.85 en atraso.
- Transformador está deficiente de trabajo en cuanto su carga (rango eficiente 70%-95%, rango de sobrecarga momentáneo 95%-120%).

5.1.8. Centro de transformación T9

Centro de transformación de 150 KVA compuesto en un banco de 3 transformadores de tipo convencionales de 50 kVA instalados en el P19. Sirve de alimentación al sistema de aguas verdes y pozo 2.

Este centro de transformación no se pudo medir ya que dicho banco solo alimenta una bomba de agua para uso en pozo 2, y su uso es infrecuente, de entre 1 y 2 horas a la semana, el resto del tiempo el transformador se encuentra en vacío. Y los datos presentados equivalen a datos de placa de la bomba en cuestión.

T9 Tr 150 kVA, planta de tratamiento		
Desbalance	0.70%	
Energía	Demanda	10.00
FP	0.4 Cargabilidad	16.67%

Tabla 17. Resultado de medición Centro de transformación T9.

Fuente: Elaboración propia.

Observaciones:

- Transformador balanceado la norma exige un 3% a 5% de desbalance.
- Mal factor de potencia, por debajo de 0.85 en atraso.
- Transformador está deficiente de trabajo en cuanto su carga (rango eficiente 70%-95%, rango de sobrecarga momentáneo 95%-120%).

5.1.9. Centro de transformación T10

Centro de transformación de 225 KVA compuesto en un banco de 3 transformadores de tipo convencionales de 75 kVA instalados en el P20. Sirve de alimentación a la planta de Jabón.

T10 Tr 3x75 kVA planta de jabon			
Desbalance	15.40%		
Energia	19.18	Demanda	171.83
FP	0.86	Cargabilidad	88.80%

Tabla 18. Resultado de medición Centro de transformación T10.

Fuente: Elaboración propia.

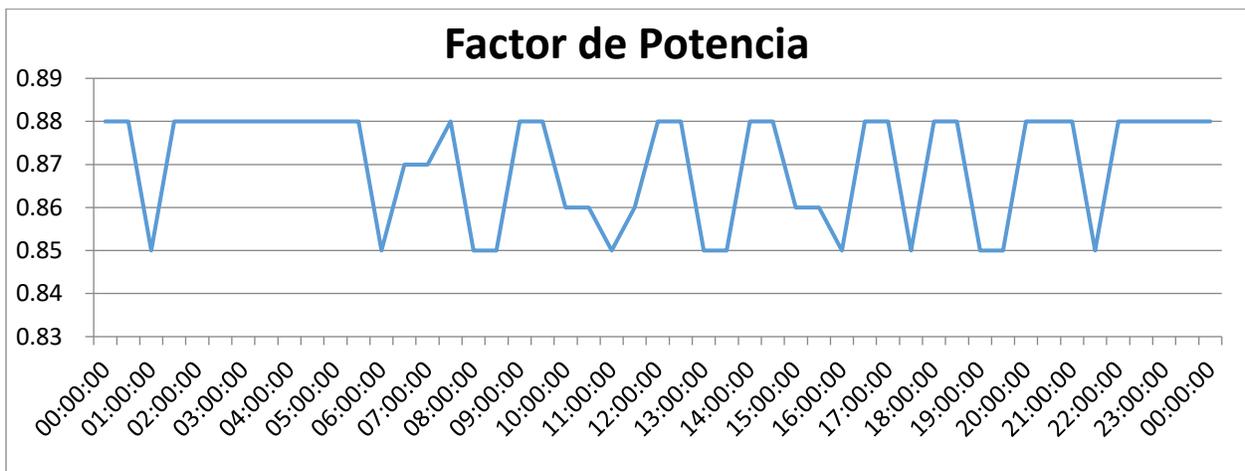


Ilustración 43. Comportamiento de F.P. de Centro de transformación T10 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

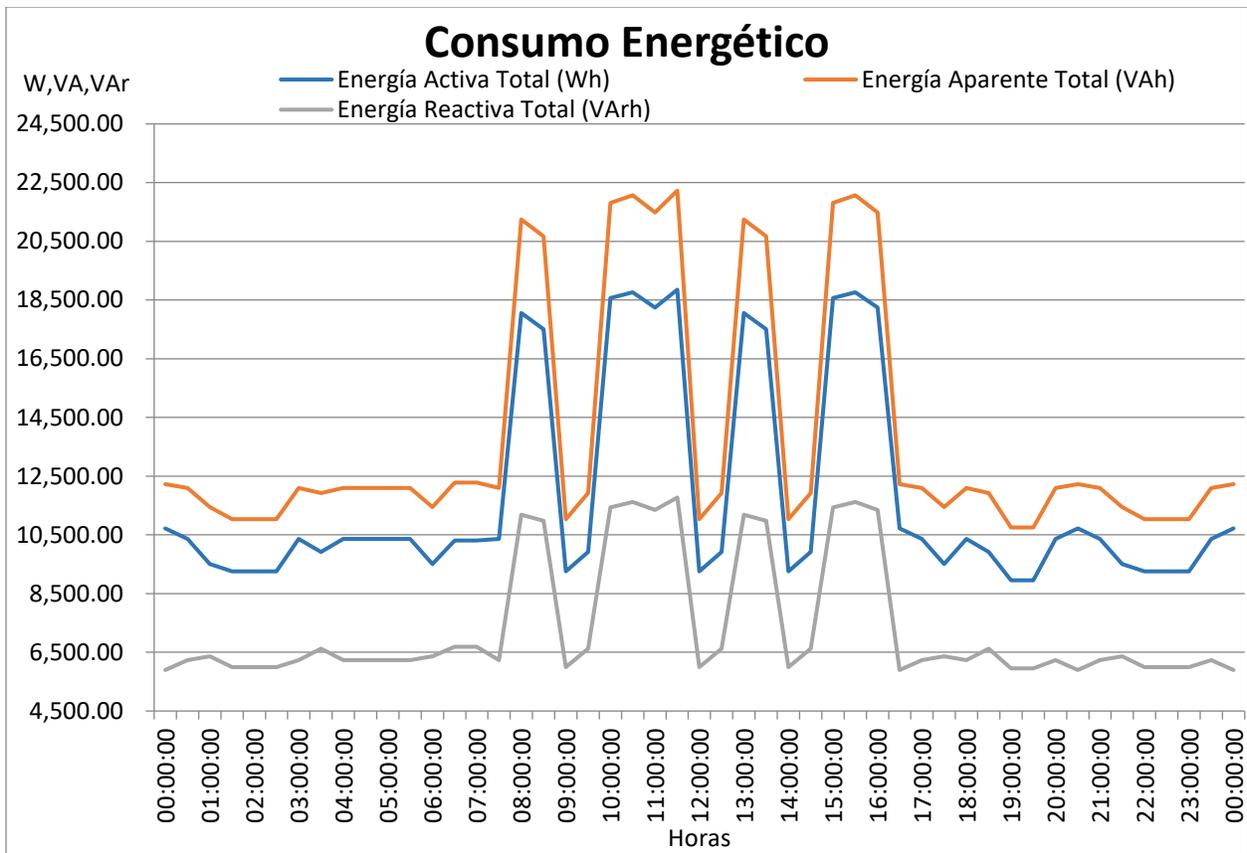


Ilustración 44. Comportamiento de Energía de T10 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

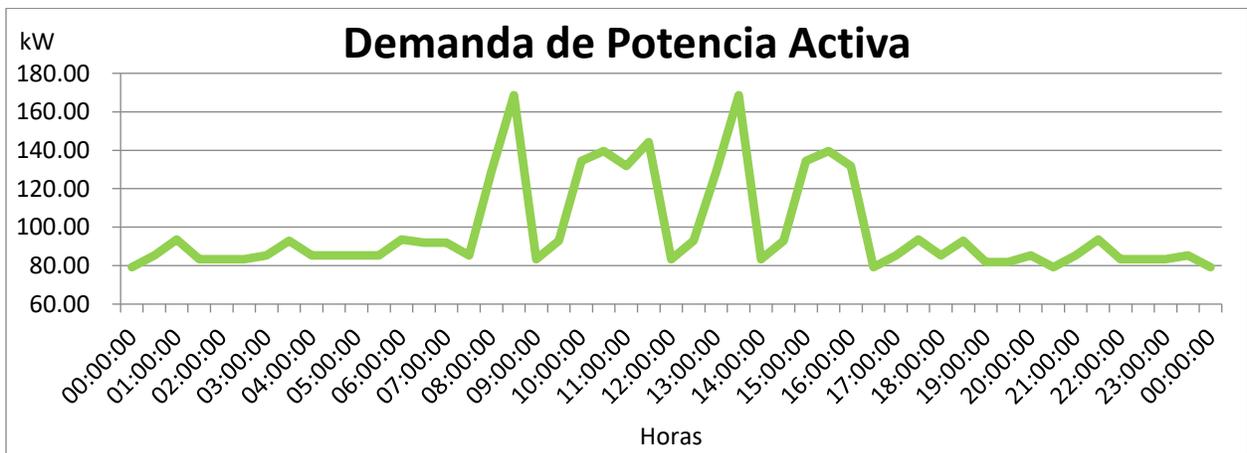


Ilustración 45. Comportamiento de la demanda máxima. de T10 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

Observaciones:

- Transformador desbalanceado la norma exige un 3% a 5% de desbalance.
- Buen factor de potencia, por encima de 0.85 en atraso.
- Transformador está deficiente de trabajo en cuanto su carga rango eficiente (70%-95%, rango de sobrecarga momentáneo 95%-120%), si bien hay momentos que llega al 88%, este no se mantiene en un ciclo de 24 horas.

5.1.10. Centro de transformación T11

Centro de transformación de 112.5 KVA compuesto en un banco de 3 transformadores de tipo convencionales de 37.5 kVA instalados en el P35. Sirve de alimentación a las áreas de monitoreo, laboratorio, caseta principal y área administrativa.

Las mediciones de dicho banco se realizaron en el centro de carga de Laboratorio, Gerencia y Administración.

T11 Tr 3x37.5 kVA, laboratorio ats			
Desbalance	233.53%		
Energía	2,124.00	Demanda	32.79
FP	0.47		

Tabla 19. Resultado de medición Centro de transformación T11 Área de laboratorio.

Fuente: Elaboración propia.

T11 Tr 3x37.5 kVA gerencia ats			
Desbalance	11.16%		
Energia	724.85	Demanda	4.68
FP	0.48		

Tabla 20. Resultado de medición Centro de transformación T11 Área de Gerencia.

Fuente: Elaboración propia.

T11 Tr 3x37.5 kVA administracion ats			
Desbalance	70.90%		
Energia	6,268.02	Demanda	6.27
FP	0.48		

Tabla 21. Resultado de medición Centro de transformación T11 Área de Administración.

Fuente: Elaboración propia.

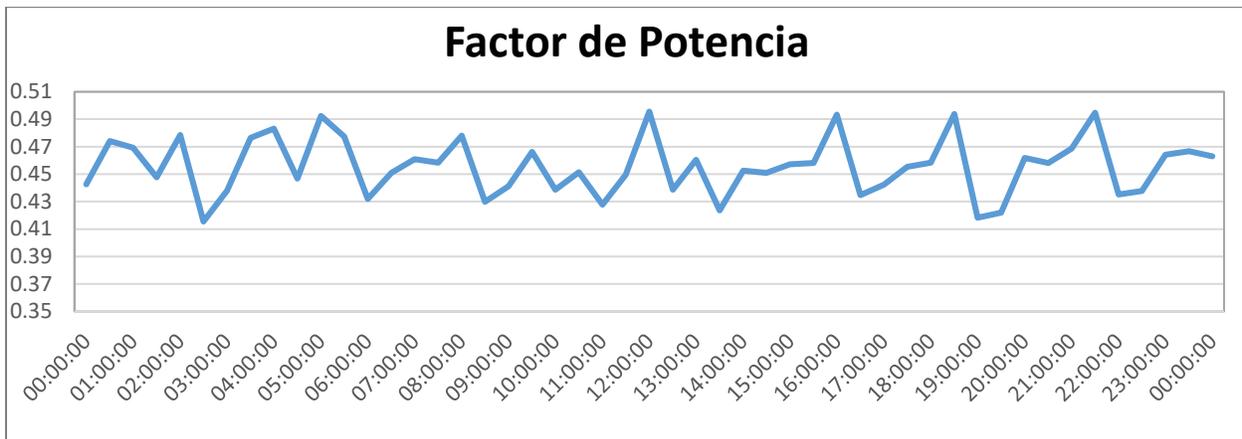


Ilustración 46. Comportamiento de F.P. de Centro de transformación T11 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

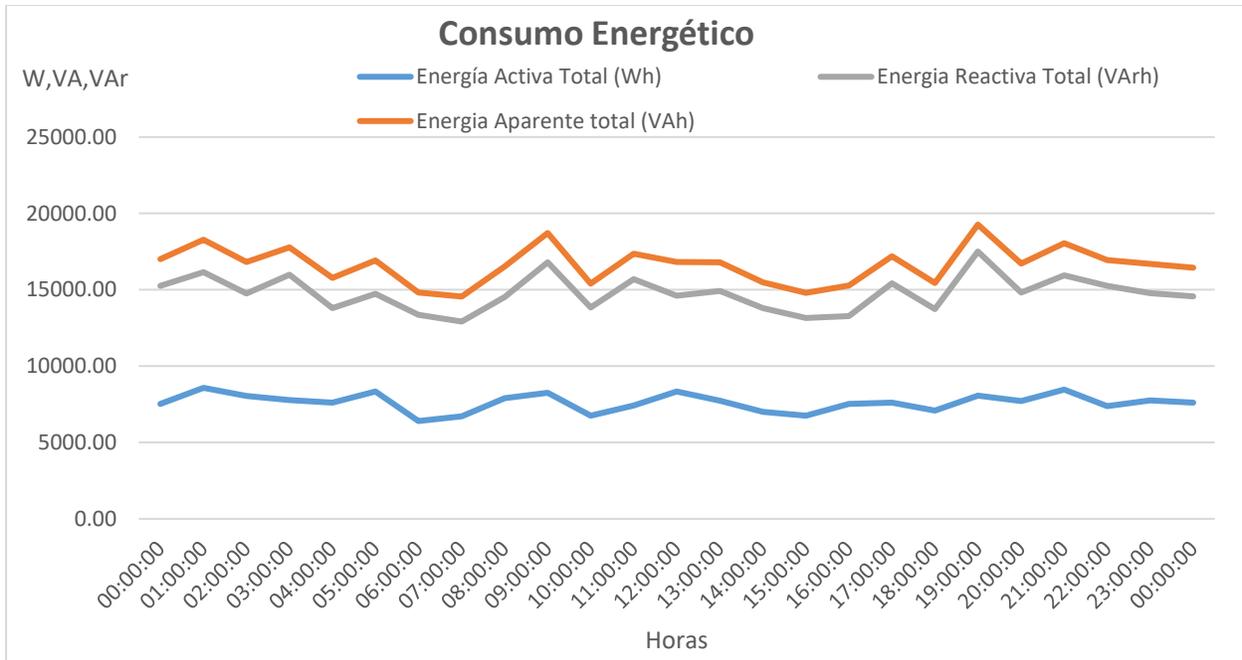


Ilustración 47. Comportamiento de Energía de T11 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

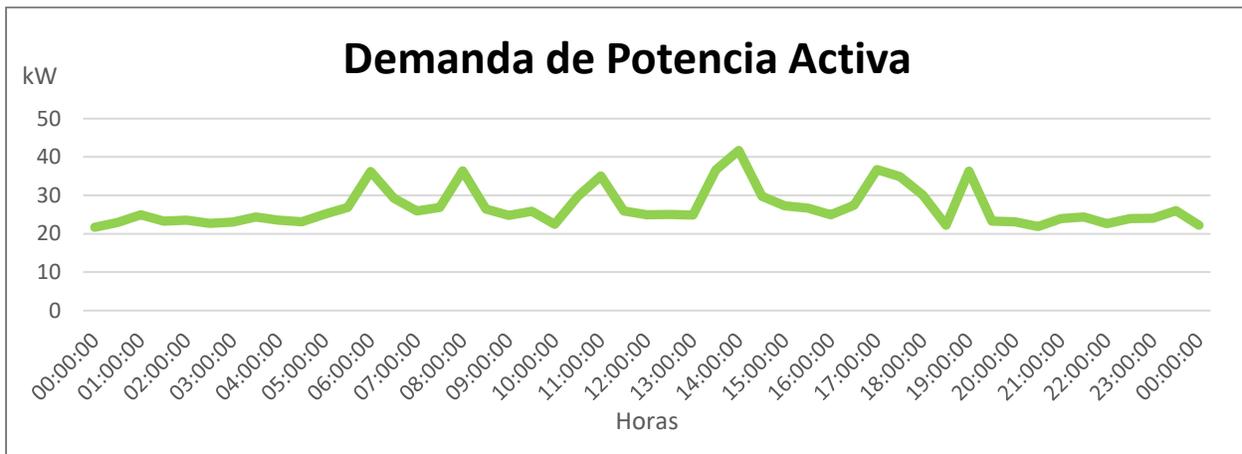


Ilustración 48. Comportamiento de la demanda máxima. de T11 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

Observaciones:

- Transformador desbalanceado fuera de la norma que exige un 3% a 5% de desbalance.
- Mal factor de potencia, por debajo de 0.85 en atraso.
- Transformador está deficiente de trabajo en cuanto su carga (rango eficiente 70%-95%, rango de sobrecarga momentáneo 95%-120%).

5.1.11. Centro de transformación T13

Centro de transformación de 150 KVA compuesto en un banco de 3 transformadores de tipo convencionales de 50 kVA instalados en el P36. Sirve de alimentación a las áreas de contenedores de refrigeración.

T13 Tr 3x50 kVA, tomacorrientes contenedor			
Desbalance	4.61%		
Energía	1,551.00	Demanda	33.19
FP	0.59	Cargabilidad	37.51%

Tabla 22. Resultado de medición Centro de transformación T13.

Fuente: Elaboración propia.

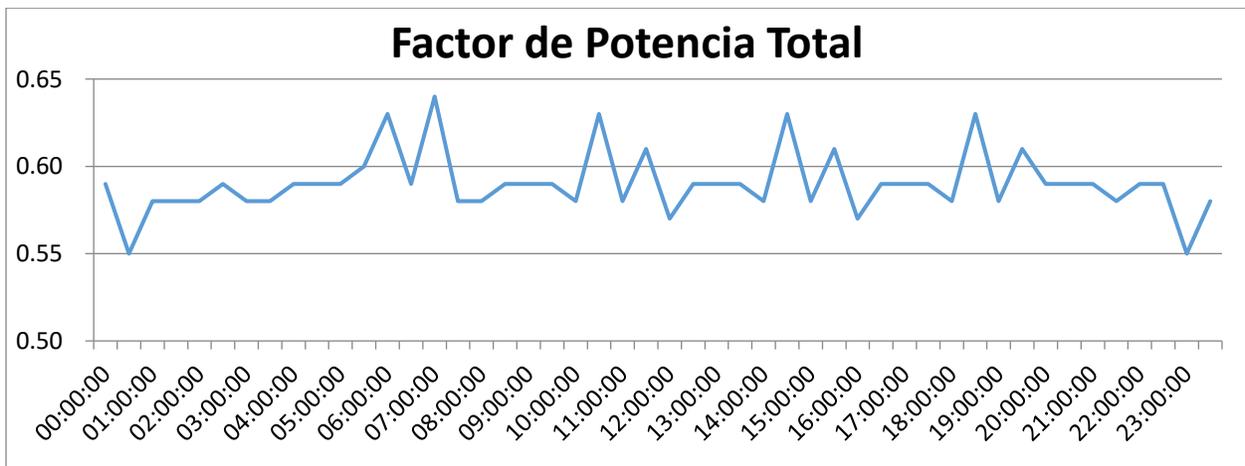


Ilustración 49. Comportamiento de F.P. de Centro de transformación T13 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

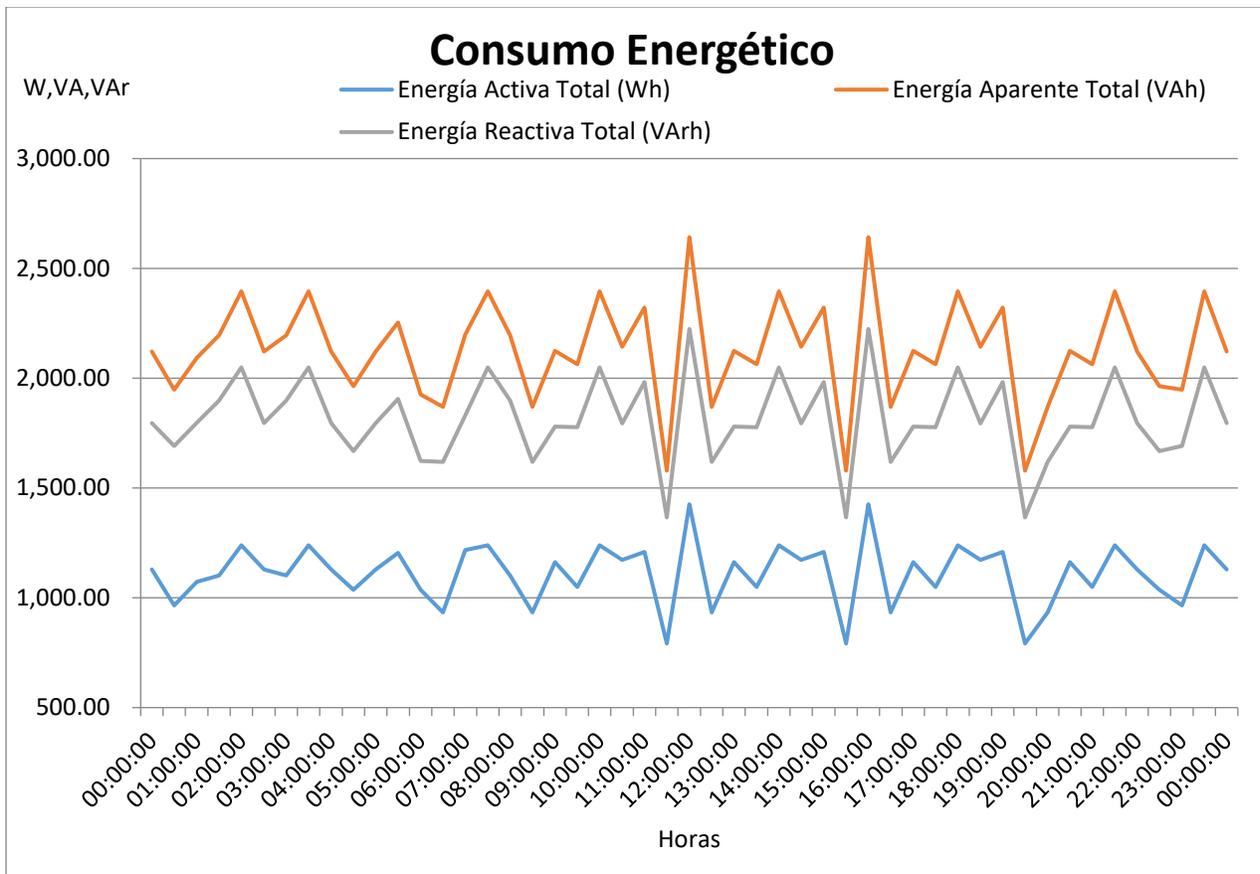


Ilustración 50. Comportamiento de Energía de T13 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

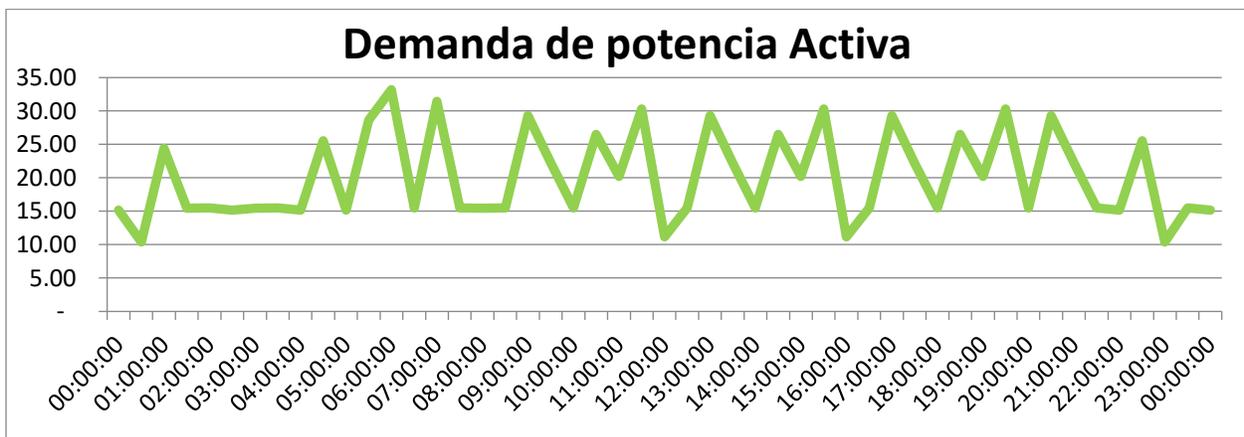


Ilustración 51. Comportamiento de la demanda máxima. de T13 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

Observaciones:

- Transformador balanceado la norma exige un 3% a 5% de desbalance.
- Mal factor de potencia, por debajo de 0.85 en atraso.
- Transformador está deficiente de trabajo en cuanto su carga (rango eficiente 70%-95%, rango de sobrecarga momentáneo 95%-120%).

5.1.12. Centro de transformación T14

Centro de transformación de 10 KVA instalados en el P36. Sirve de alimentación de alumbrado público de complejo de Nuevo Carnic.

T14 Tr 10 kVA, Alumbrado Publico			
Desbalance	0.70%		
Energia		Demanda	3.30
FP	0.9	Cargabilidad	36.67%

Tabla 23. Resultado de medición Centro de transformación T14.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.13. Centro de transformación T15

Centro de transformación tipo Pad Mounted de 1500 KVA, sirve de alimentación a la sala de máquinas #2.

T15 Tr 1500 kVA, sala de maquinas #2			
Desbalance	6.69%		
Energia	61,316.00	Demanda	523.19
FP	0.91	Cargabilidad	57.49%

Tabla 24. Resultado de medición Centro de transformación T15.

Fuente: Elaboración propia.

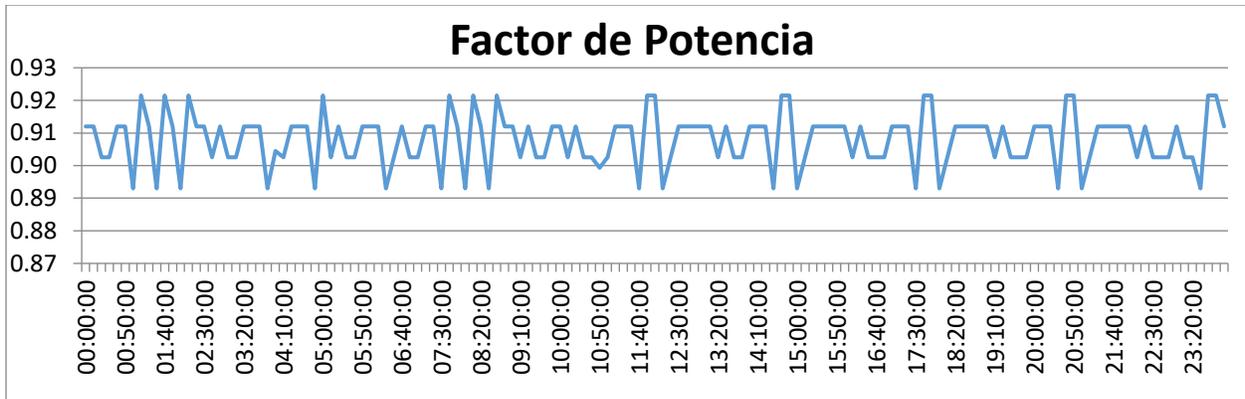


Ilustración 52. Comportamiento de F.P. de Centro de transformación T15 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

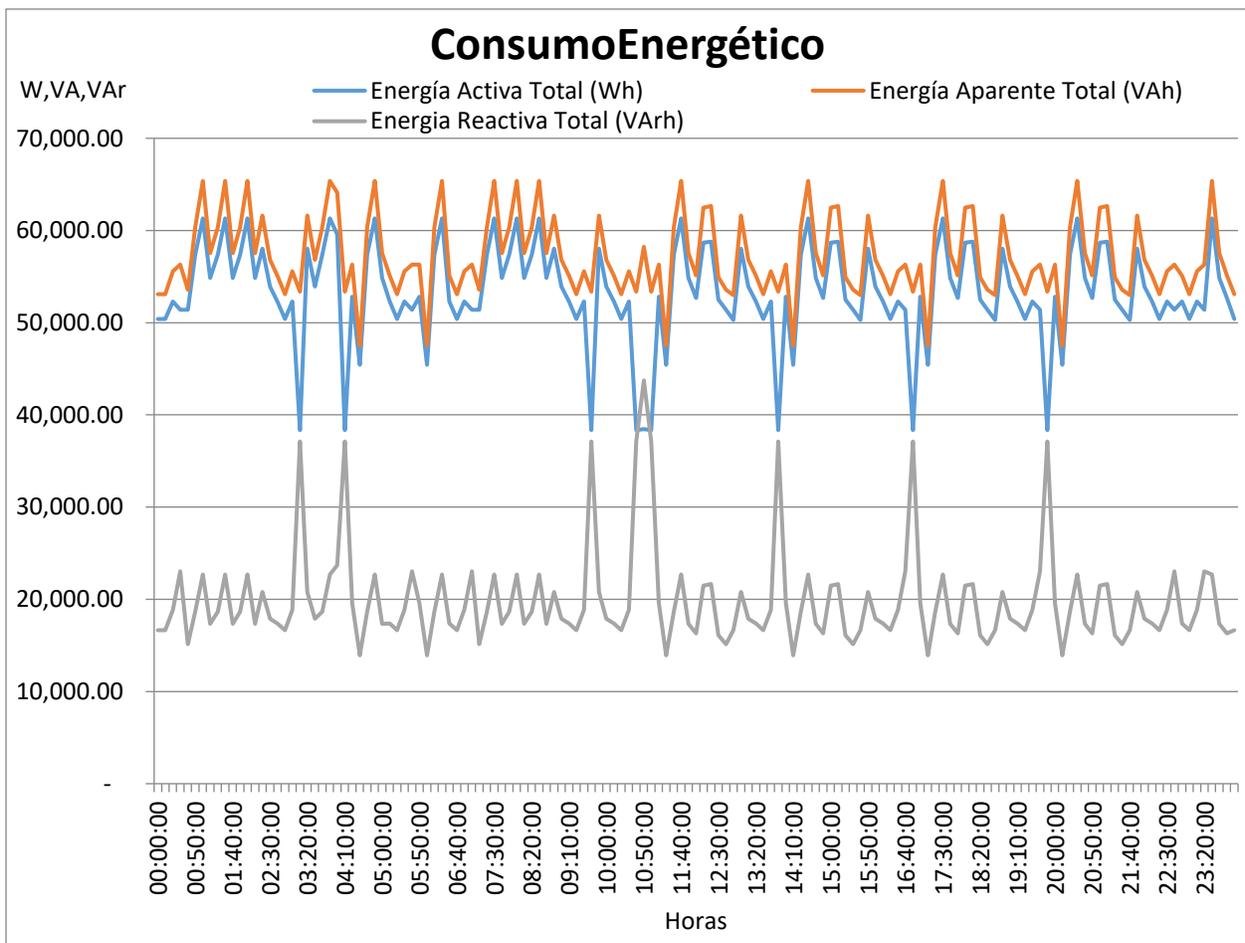


Ilustración 53. Comportamiento de Energía de T15 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

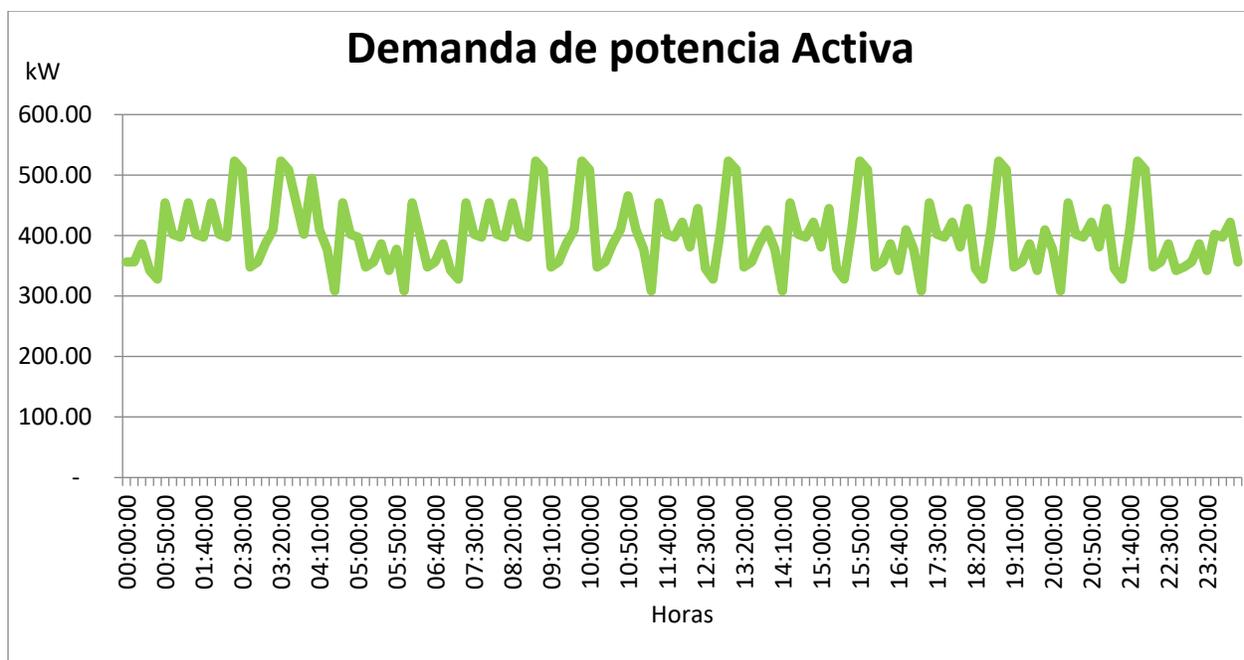


Ilustración 54. Comportamiento de la demanda máxima, de T15 en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

Observaciones:

1. Transformador desbalanceado, fuera de la norma que exige un 3% a 5% de desbalance.
2. Buen factor de potencia, por encima de 0.85 en atraso.
3. Transformador está deficiente de trabajo en cuanto su carga (rango eficiente 70%-95%, rango de sobrecarga momentáneo 95%-120%).

5.2. Presentación de datos equivalentes de circuito Nuevo Carnic.

5.2.1. Análisis de datos Equivalentes.

De los datos censados de cada centro de transformación se realizó un cálculo de equivalencia correspondiente a los datos que habría en el punto de entronque del circuito.

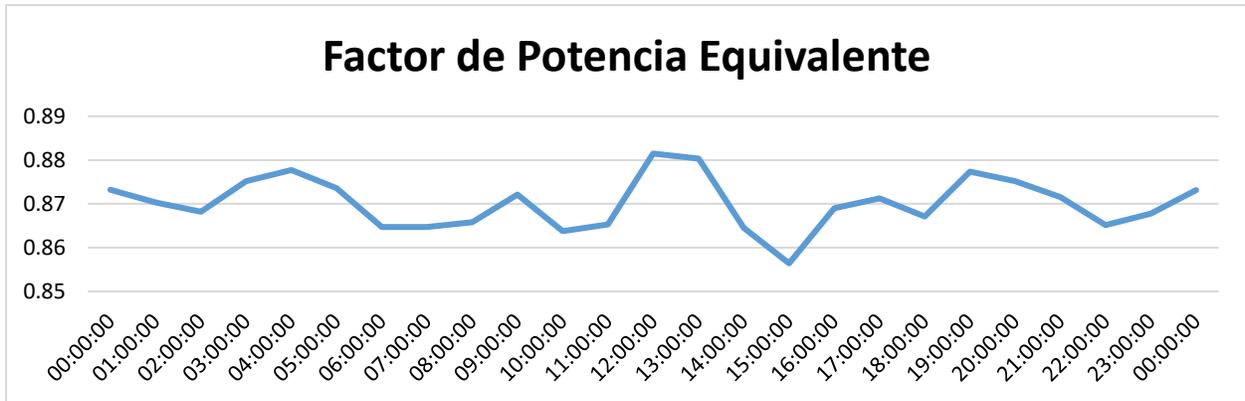


Ilustración 52. Comportamiento de F.P. del sistema en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

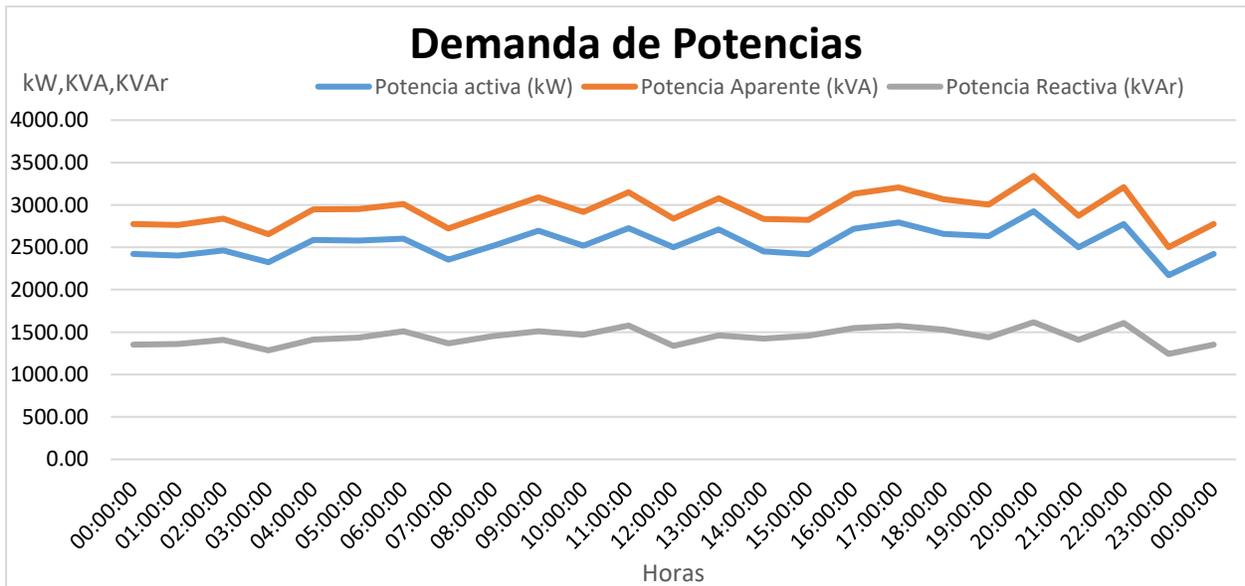


Ilustración 54. Comportamiento de la demanda de potencias. En el sistema en periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

Hora	Potencia activa	Potencia Reactiva	Potencia Aparente	Factor de potencia
00:00:00	2423.10	1352.40	2774.96	0.87
01:00:00	2403.90	1360.37	2762.13	0.87
02:00:00	2464.31	1408.39	2838.38	0.87
03:00:00	2323.79	1284.49	2655.16	0.88
04:00:00	2587.59	1412.75	2948.14	0.88
05:00:00	2578.68	1436.30	2951.70	0.87
06:00:00	2603.42	1511.94	3010.61	0.86
07:00:00	2353.20	1366.97	2721.42	0.86
08:00:00	2517.88	1455.33	2908.21	0.87
09:00:00	2695.40	1512.04	3090.54	0.87
10:00:00	2520.50	1470.12	2917.90	0.86
11:00:00	2724.89	1578.70	3149.17	0.87
12:00:00	2500.53	1339.47	2836.69	0.88
13:00:00	2709.93	1459.88	3078.15	0.88
14:00:00	2451.97	1425.74	2836.35	0.86
15:00:00	2419.39	1458.51	2825.02	0.86
16:00:00	2719.35	1548.36	3129.26	0.87
17:00:00	2793.71	1573.57	3206.39	0.87
18:00:00	2658.98	1527.40	3066.45	0.87
19:00:00	2633.53	1440.44	3001.73	0.88
20:00:00	2925.22	1616.99	3342.38	0.88
21:00:00	2502.13	1407.71	2870.93	0.87
22:00:00	2776.28	1609.07	3208.87	0.87
23:00:00	2171.24	1243.49	2502.11	0.87
00:00:00	2423.63	1352.80	2775.62	0.87

Tabla 25. Resultado de sumatoria de potencias de centros de transformación en Nuevo Carnic.

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Cálculo de compensación necesaria según índice de carga

Según el planteamiento de los objetivos de esta tesis, la idea es implementar un sistema de compensación centralizado y cuando ya tenemos calculada la potencia reactiva necesaria para realizar la compensación, se nos presenta la posibilidad de elegir entre una compensación fija y una compensación automática o variable, para elegir entre una u otra se deben contemplar las características que a continuación se presentan.

5.3.1. Compensación fija

Es aquella en la que suministramos a la instalación, de manera constante, la misma potencia reactiva. Debe utilizarse cuando se necesite compensar una instalación donde la demanda reactiva sea constante. Es recomendable en aquellas instalaciones en las que la potencia reactiva a compensar no supere el 1 % de la potencia nominal del transformador.

Este tipo de compensación se emplea si por ejemplo se desea compensar un pequeño taller en el que la potencia reactiva a compensar es constante y con una pequeña variación en el consumo de la carga, donde la demanda de potencia reactiva es:

- Demanda mínima de 1 kVAr/h día.
- Demanda máxima de 17 kVAr/h día.
- Demanda media de 1 kVAr/h día.

Lo que se persigue al realizar la compensación es tener la instalación compensada al máximo, sin incurrir en una sobrecompensación. Si compensamos con 1 kVAr se tendrá asegurada una compensación mínima de 1 kVAr, pero sin llegar a la demanda media de 1 kVAr, con lo que se estará subcompensando la instalación.

Lo contrario ocurriría si se compensa con los 17 kVAr de demanda máxima; en este caso encontraremos una sobrecompensación durante todo el día. Con esta medida no se logrará ninguna ventaja adicional, y lo que se ocasionaría es que se pueda llegar a sobrecargar la línea de la Distribuidora de energía.

La solución a adoptar es compensar con 1 kVAr, y de esta forma adaptarnos a la demanda de reactiva que hay en el taller. En la Ilustración 55 al colocar un condensador fijo, siempre se

encontrarán con horas que no estarán compensadas completamente y horas en las que estarán sobre compensadas.

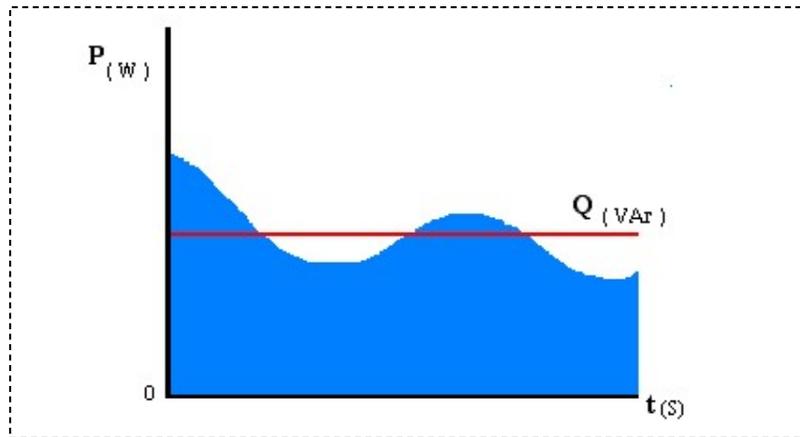


Ilustración 55. Demande de potencia constante.

Fuente: Compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos, 2019 Schneider Electric

Establecemos que para aplicar la corrección de factor de potencia del circuito de Nuevo Carnic, implementando el sistema de compensación fija, necesitamos los valores de demanda de reactiva mínima, máxima y promedio, estos son:

Demanda mínima de Reactiva: 1243.4 kVAr

Demanda máxima de Reactiva: 1616.9 kVAr

Demanda media de Reactiva: 1436.3 kVAr

Como se desea elevar el factor de potencia hasta un valor de 0.95 con el fin de poderle liberar carga al transformador y además para no incurrir en cargos por penalización por bajo factor de potencia. Por lo tanto, la potencia reactiva necesaria para compensar el sistema está dada por la ecuación.

$$Q_C = P(\operatorname{tg}\phi_1 - \operatorname{tg}\phi_2)$$

$$Q_C = 2171.2(\operatorname{tg}(28.35^\circ) - \operatorname{tg}(18.19^\circ)) = 458.08 \text{ kVAr}$$

Seleccionamos un valor de 400 kVAr debido a que es un tamaño de banco de capacitores comercial. Por lo tanto, la potencia reactiva restada del circuito al momento de demanda mínima es de:

$$Q_L = 1243.4 - 400 = 843.4 \text{ kVAr}$$

Aplicando la ecuación para encontrar la potencia aparente mejorada obtenemos el valor de:

$$S = \sqrt{2171.2^2 + 843.4^2} = 2329.25 \text{ kVA}$$

Y la corriente que entrega es de:

$$I = \frac{2329.25 \text{ kVA}}{\sqrt{3}(7.6 \text{ kV})} = 176.94 \text{ A}$$

Y el factor de potencia es de:

$$fp = \frac{2171.2}{2329.2} = 0.93$$

Con este valor seleccionado de compensación de reactiva de 400 kVAr al momento de demanda máxima es de :

$$Q_L = 1616.9 - 400 = 1216.9 \text{ kVAr}$$

Aplicando la ecuación para encontrar la potencia aparente mejorada obtenemos el valor de:

$$S = \sqrt{2925.2^2 + 1216.9^2} = 3168.22 \text{ kVA}$$

Y la corriente que entrega es de:

$$I = \frac{3168.22 \text{ kVA}}{\sqrt{3}(7.6 \text{ kV})} = 240.68 \text{ A}$$

Y el factor de potencia es de:

$$fp = \frac{2925.2}{3168.2} = 0.92$$

De las ecuaciones planteadas anteriormente establecemos una tabla de referencia de comportamiento en el periodo de 24 horas.

Hora	Valores iniciales			Con compensacion fija 400 kVAr		
	Potencia Reactiva (kVAr)	Potencia Aparente (kVA)	Factor de potencia Inicial	Potencia Reactiva (kVAr)	Potencia Aparente (kVA)	Factor de potencia Final
00:00:00	1352.40	2774.95539	0.87	952.40	2603.54722	0.93
01:00:00	1360.37	2762.125	0.87	960.37	2588.63681	0.93
02:00:00	1408.39	2838.3814	0.87	1008.39	2662.64788	0.93
03:00:00	1284.49	2655.16421	0.88	884.49	2486.42468	0.93
04:00:00	1412.75	2948.13554	0.88	1012.75	2778.72312	0.93
05:00:00	1436.30	2951.70354	0.87	1036.30	2779.12069	0.93
06:00:00	1511.94	3010.60575	0.86	1111.94	2830.93592	0.92
07:00:00	1366.97	2721.42093	0.86	966.97	2544.12241	0.92
08:00:00	1455.33	2908.2139	0.87	1055.33	2730.099	0.92
09:00:00	1512.04	3090.54458	0.87	1112.04	2915.79067	0.92
10:00:00	1470.12	2917.90159	0.86	1070.12	2738.25796	0.92
11:00:00	1578.70	3149.17478	0.87	1178.70	2968.89633	0.92
12:00:00	1339.47	2836.68961	0.88	939.47	2671.18558	0.94
13:00:00	1459.88	3078.14631	0.88	1059.88	2909.82515	0.93
14:00:00	1425.74	2836.3516	0.86	1025.74	2657.87427	0.92
15:00:00	1458.51	2825.01649	0.86	1058.51	2640.81619	0.92
16:00:00	1548.36	3129.26017	0.87	1148.36	2951.87772	0.92
17:00:00	1573.57	3206.39439	0.87	1173.57	3030.19948	0.92
18:00:00	1527.40	3066.45087	0.87	1127.40	2888.11427	0.92
19:00:00	1440.44	3001.72896	0.88	1040.44	2831.61099	0.93
20:00:00	1616.99	3342.38379	0.88	1216.99	3168.27104	0.92
21:00:00	1407.71	2870.93469	0.87	1007.71	2697.42506	0.93
22:00:00	1609.07	3208.8668	0.87	1209.07	3028.12923	0.92
23:00:00	1243.49	2502.11039	0.87	843.49	2329.32783	0.93
00:00:00	1352.80	2775.62011	0.87	952.80	2604.19442	0.93

Tabla 26. Resultado de implementación de compensación fija en circuito Nuevo Carnic para periodo de 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. *Compensación variable*

Es aquella en la que se suministra la potencia reactiva según las necesidades de la instalación. Debe utilizarse cuando se presenta una instalación donde la demanda de potencia reactiva sea variable. Es recomendable en las instalaciones donde la potencia reactiva a compensar supere el 1 % de la potencia nominal del transformador.

Si se desea compensar una instalación en la que la potencia reactiva a compensar tenga muchas variaciones, se debe utilizar una compensación que se adapte en cada momento a las necesidades de la instalación.

Para conseguirlo se utiliza un banco de capacitores operados automáticamente, estos están formados básicamente por:

- Banco de capacitores.
- Regulador Automático.

El regulador detecta las variaciones en la demanda de potencia reactiva, y en función de estas variaciones actúa sobre los contactores, permitiendo la entrada o salida de los bancos de capacitores necesarios. En la Ilustración 56 el banco de capacitores entrega a cada momento la potencia necesaria, evitando de este modo una sobrecompensación o una subcompensación.

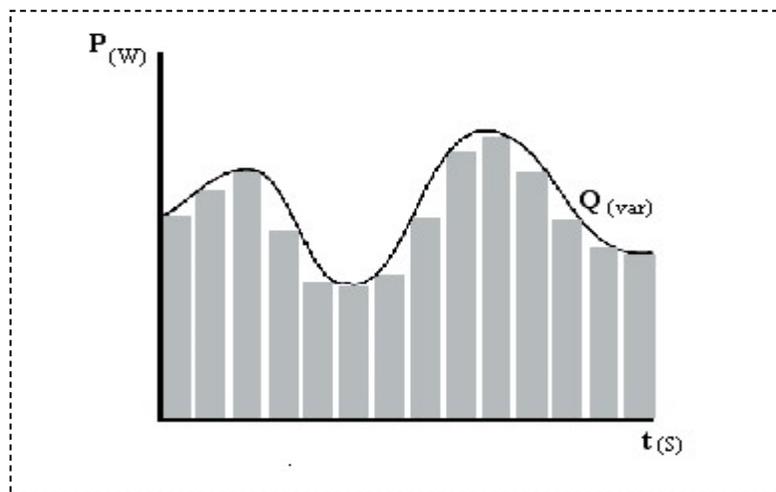


Ilustración 56. Demande de potencia variable.

Fuente: Compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos, 2019 Schneider Electric

5.3.3. Compensación en sistemas con armónicas

La corrección del factor de potencia se puede ilustrar mediante los siguientes esquemas, en la ilustración 37 se observa que el sistema está entregando una corriente activa I_R y una corriente reactiva I_L la cual provoca un bajo factor de potencia. Prácticamente este efecto se observa en la facturación y en la medición de los kW y kVAr en el primario del transformador.

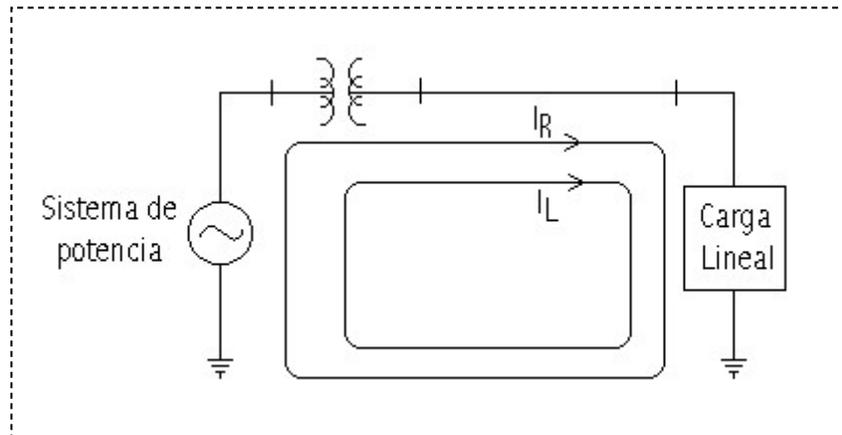


Ilustración 57. Sistema con bajo factor de potencia.

Fuente: Compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos, 2019 Schneider Electric

Para compensar este factor de potencia, basta con entregar la corriente reactiva de otro elemento en forma local, el cual puede ser de un banco de capacitores como se muestra en la Ilustración 58.

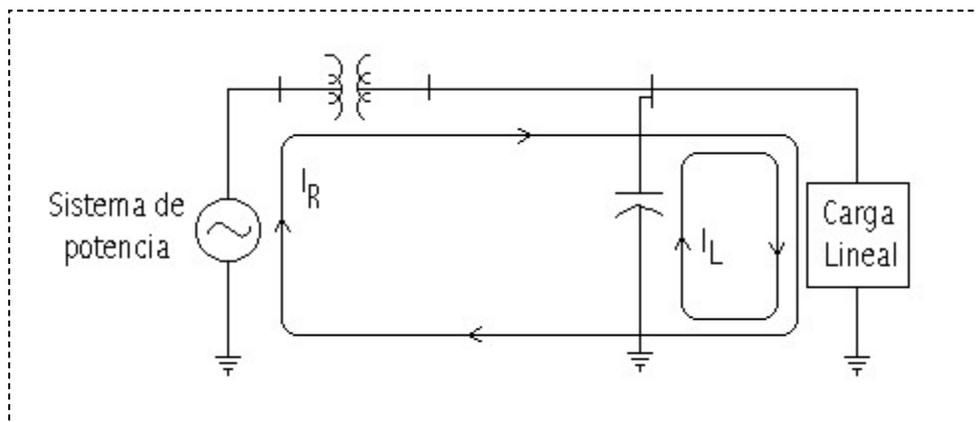


Ilustración 58. Factor de potencia compensado con un banco de capacitores.

Fuente: Compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos, 2019 Schneider Electric

Cuando se tiene que la carga, además de las corrientes activas y reactivas que necesita para su operación, también es generador de una corriente armónica I_h , entonces está pasando lo mostrado en la Ilustración 59. Prácticamente se observaría un bajo factor de potencia en la facturación y también en los KW y KVAR medidos en el primario del transformador, pero la circulación de esta armónica no se conocería con estos aparatos.

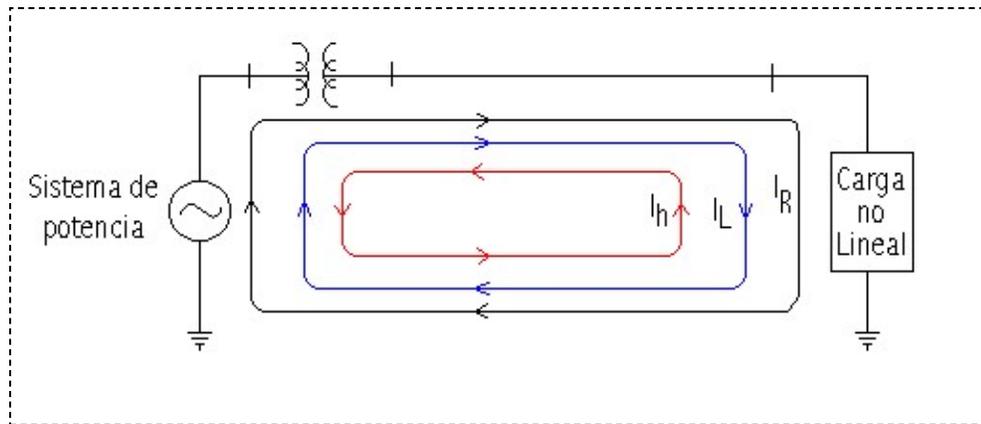


Ilustración 59. Carga con bajo factor de potencia y circulación de corrientes armónicas.

Fuente: Compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos, 2019 Schneider Electric

De esta manera lo primero que se tendría en este sistema es corregir el factor de potencia en la forma tradicional, como se muestra en la Ilustración 60.

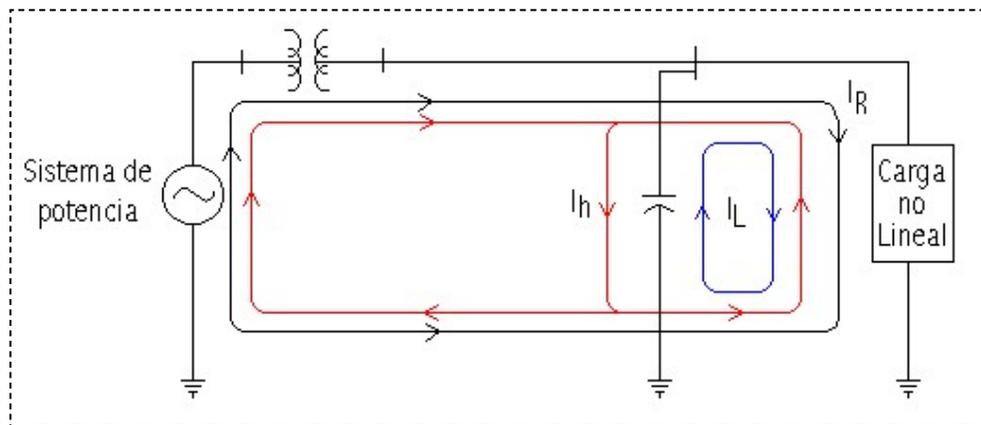


Ilustración 60. Efecto del capacitor en un sistema contaminado por armónicas.

Fuente: Compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos, 2019 Schneider Electric

En la Ilustración 60 se observa que la corriente reactiva está siendo suministrada en forma local a la carga por el capacitor, pero existe ahora la corriente armónica que ahora circula entre el sistema, el capacitor y la carga. La circulación de esta corriente provoca la excitación del circuito resonante sistema-capacitor, pudiendo llegar a destruir el banco.

Ahora se hace necesario cambiar la trayectoria de esta corriente armónica, como se muestra en la Ilustración 61, dando lugar a que el sistema solamente entregue la corriente activa, cumpliendo así con la corrección del factor de potencia y el control de armónicas.

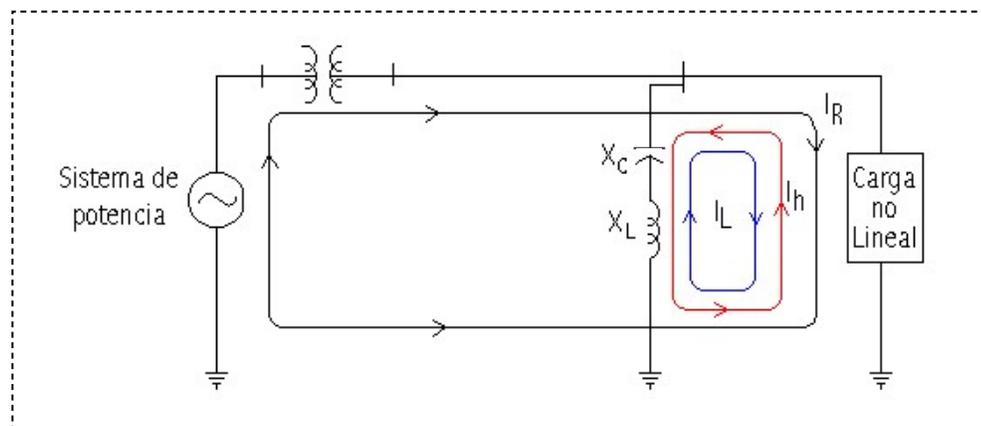


Ilustración 61. Efecto de un filtro utilizado para compensar el factor de potencia.

Fuente: Compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos, 2019 Schneider Electric

Consideraciones prácticas en la corrección del factor de potencia

Las consideraciones prácticas para la implementación de un filtro toman en cuenta los límites para capacitores.

Valores incluyendo armónicas	Limite en % del nominal
I_{RMS}	180
V_{RMS}	110
V_{PICO}	125
$KVAr$	135

Tabla 27 Limites para el capacitor.

Fuente: compensación por bancos de capacitores en un sistema eléctrico de potencia , Artículo IEEE, Septiembre 2008

Establecemos que se quiere corregir el factor de potencia del Circuito de Nuevo Carnic, donde la sumatoria de potencia de transformadores instalados es de 5927.50 kVA con una impedancia equivalente en la medición de $Z=6.5\%$, haremos los cálculos por hora de la potencia demandada a la distribuidora, con sus respectivos valores de corriente y tensión. Como información adicional se sabe según datos obtenidos en la medición la presencia de corrientes armónicas de 5to orden de magnitud igual al 30% de la corriente fundamental, propios del uso de rectificadores trifásicos de onda completa o bien rectificadores de 6 pulsos congruentes con los encontrados en el sitio.

Para el ejemplo tomaremos como referencia los datos obtenidos a las 00 horas de la tabla 25, donde.

$$S = 2774.96 \text{ kVA}$$

$$Q = 1352.40 \text{ kVAr}$$

$$P = 2423.10 \text{ kW}$$

$$fp = 0.87$$

Como se desea elevar el factor de potencia hasta un valor de 0.95 con el fin de poderle liberar carga al transformador ya que está entregando más carga de su capacidad nominal y además para no incurrir en cargos por penalización por bajo factor de potencia. Por lo tanto, la potencia reactiva necesaria para compensar el sistema está dada por la ecuación.

$$Q_C = P(\operatorname{tg}\phi_1 - \operatorname{tg}\phi_2)$$

$$Q_C = 2423.10(\operatorname{tg}(29.54^\circ) - \operatorname{tg}(18.19^\circ)) = 576.72 \text{ kVAr}$$

Seleccionamos un valor de 600 kVAr debido a que es un tamaño de banco de capacitores comercial. Por lo tanto, la potencia reactiva restada del transformador es de:

$$Q_L = 1352.40 - 600 = 752.4 \text{ kVAr}$$

Aplicando la ecuación para encontrar la potencia aparente mejorada obtenemos el valor de:

$$S = \sqrt{2423.10^2 + 752.4^2} = 2537.22 \text{ kVA}$$

Y la corriente que entrega es de:

$$I = \frac{2537.22 \text{ kVA}}{\sqrt{3}(7.6 \text{ kV})} = 192.7 \text{ A}$$

Y el factor de potencia es de:

$$fp = \frac{2423.10}{2537.22} = 0.955$$

Analizando los resultados se encuentra que el factor de potencia nuevo es bonificable por la distribuidora de energía. Además, también se reduce la sobrecarga en el transformador, así como la corriente total en el circuito alimentador.

Sin embargo, en el sistema encontramos que el centro de transformación T11 y T13 tienen la presencia de armónicos de 5to orden. Estos armónicos equivalen a corrientes de 3.44 Amperios en el lado primario del sistema, la presencia de estos armónicos no presenta una carga sustancial a dicho sistema y la instalación de filtros para los mismos podría ser contraproducente, pero de igual forma se ejemplificará el resultado.

Antes de hacer el cálculo del filtro para eliminar la 5ª armónica es necesario ver cuál es la frecuencia de resonancia. Considerando que el sistema es robusto, entonces los MVA_{cc} en el punto donde está conectado el capacitor depende solamente de la impedancia del punto para ello se aplica la ecuación.

$$f_{res} = \sqrt{\frac{MVA_{cc}}{MVA_{r_{cap}}}} = \sqrt{\frac{15.38}{0.6}} = 5.06$$

Como la armónica es muy cercana a la 5ª que está en el sistema se hace necesario el filtro de 5ª armónica. De lo contrario el banco de capacitores duraría no más de dos meses en operación, de esta manera se tienen que hacer ciertos cálculos para la selección del filtro.

Calculando la impedancia del banco:

$$X_c = \frac{kV^2}{MVA_r} = \frac{13.2^2}{0.6} = 290.4 \Omega$$

Donde:

X_c = Reactancia capacitiva (Ω).

Ahora sintonizando el filtro a la 5ª armónica.

$$X_L = \frac{X_c}{f_{res}^2} = \frac{290.4}{5.06^2} = 13.146 \Omega$$

Donde

X_L = Reactancia inductiva (Ω).

De esta manera los MVA_r que entregará el filtro al sistema serán:

$$MVA_{r_f} = \frac{kV^2}{X_c - X_L} = \frac{13.2^2}{(290.4 - 13.146)} = 0.6284 MVA_r = 628.4 kVA_r$$

Demostrando que el factor de potencia se mejorará aún más, una vez hecho esto se calcula la corriente inicial en el banco de capacitores.

$$I_c = \frac{kVA_r}{\sqrt{3} * kV} = \frac{600}{\sqrt{3} * 13.2} = 26.24 A$$

La corriente en el filtro es de:

$$I_F = \frac{kVAr_f}{\sqrt{3} * kV} = \frac{628.44}{\sqrt{3} * 13.2} = 27.48 A$$

La corriente de 5ª armónica se obtiene con el 30% de la fundamental, esto es:

$$I_F = \frac{kW}{\sqrt{3} * kV} = \frac{2423.10}{\sqrt{3} * 13.2} = 105.98 A$$

Entonces:

$$I_5 = 30\% \quad I_5 = 0.3(105.98) = 31.79 A$$

Por lo tanto, la corriente RMS en el filtro está dada por la ecuación:

$$I_{RMS} = \sqrt{I_{5^2} + I_{F^2}} = \sqrt{31.79^2 + 27.48^2} = 42.02 A$$

Donde:

I_{RMS} = Corriente raíz media cuadrática (A).

La corriente pico que se puede presentar está dada por:

$$I_{pico} = I_5 + I_F = 31.79 + 27.48 = 59.27 A$$

Donde:

I_{pico} = Corriente máxima que se presenta en un instante (A).

La tensión del capacitor se calcula por medio de la siguiente, obteniendo que:

$$V_c = \sqrt{3}I_F X_C = \sqrt{3} * 26.24 * 290.4 = 13.19 kV$$

Y la tensión de armónica está dada por:

$$V_{C5} = \sqrt{3}I_5 \frac{X_C}{5} = \sqrt{3}(27.48) \left[\frac{290.4}{5} \right] = 2.76 kV$$

Donde:

V_{CS} = Tensión de armónica que se presenta en el capacitor (V).

En tanto que la tensión rms en el capacitor es:

$$V_{CAP\ RMS} = \sqrt{13.19^2 + 2.76^2} = 13.47\ kV$$

Y la tensión pico en el capacitor está dado por:

$$V_{CAP\ pico} = 13.19 + 2.76 = 15.95\ kV$$

Ahora los kVAr que entrega al banco están dados por:

$$kVAr = \sqrt{3}VI = \sqrt{3} * 13.47 * 42.02 = 980.35\ kVAr$$

Por lo tanto, ahora la potencia reactiva restada del transformador es de:

$$Q_L = 1352.40 - 980.35 = 372.05\ kVAr$$

la potencia aparente mejorada es de:

$$S = \sqrt{2423.10^2 + 372.05^2} = 2451.49\ kVA$$

Y el factor de potencia resultante es de:

$$fp = \frac{2423.10}{2451.49} = 0.988$$

Esto muestra que el factor de potencia se mejoró y además el banco de capacitores no tendrá problemas de resonancia por el hecho de formar parte de un filtro.

Con el mismo calculo anterior, procedemos a los cálculos proporcionales de cada hora y obtenemos los valores de potencia final y sus factores de potencia sin filtro reactivo y con dicho filtro.

Hora	Potencia activa	Potencia Reactiva	Potencia Aparente	Factor de potencia	reactiva necesaria p/compensar
00:00:00	2423.10	1352.40	2774.96	0.87	556.35
01:00:00	2403.90	1360.37	2762.13	0.87	570.5
02:00:00	2464.31	1408.39	2838.38	0.87	586.76
03:00:00	2323.79	1284.49	2655.16	0.88	490.27
04:00:00	2587.59	1412.75	2948.14	0.88	545.8
05:00:00	2578.68	1436.30	2951.70	0.87	613.8
06:00:00	2603.42	1511.94	3010.61	0.86	689.01
07:00:00	2353.20	1366.97	2721.42	0.86	622.82
08:00:00	2517.88	1455.33	2908.21	0.87	599.3
09:00:00	2695.40	1512.04	3090.54	0.87	641.69
10:00:00	2520.50	1470.12	2917.90	0.86	667.03
11:00:00	2724.89	1578.70	3149.17	0.87	648.59
12:00:00	2500.53	1339.47	2836.69	0.88	527.45
13:00:00	2709.93	1459.88	3078.15	0.88	571.74
14:00:00	2451.97	1425.74	2836.35	0.86	649.02
15:00:00	2419.39	1458.51	2825.02	0.86	660.44
16:00:00	2719.35	1548.36	3129.26	0.87	655.05
17:00:00	2793.71	1573.57	3206.39	0.87	655.54
18:00:00	2658.98	1527.40	3066.45	0.87	653.41
19:00:00	2633.53	1440.44	3001.73	0.88	570.28
20:00:00	2925.22	1616.99	3342.38	0.88	654.5
21:00:00	2502.13	1407.71	2870.93	0.87	598.2
22:00:00	2776.28	1609.07	3208.87	0.87	734.86
23:00:00	2171.24	1243.49	2502.11	0.87	545.17
00:00:00	2423.63	1352.80	2775.62	0.87	556.33

Tabla 28. Reactiva necesaria para compensar a FP 0.95

Fuente: Elaboración propia.

A los valores de reactiva necesarios aplicamos valores de compensación encontrados en capacitores comerciales lo más próximo a los datos necesarios.

Hora	compensación comercial	Frecuencia de Resonancia	XC	XL	kVAr filtro
00:00:00	550	5.28806547	17.7988764	0.63650078	913.719661
01:00:00	550	5.28806547	17.7988764	0.63650078	913.719661
02:00:00	600	5.06293722	17.0411267	0.66480338	957.577576
03:00:00	500	5.54616985	18.667619	0.60687968	868.270103
04:00:00	550	5.28806547	17.7988764	0.63650078	913.719661
05:00:00	600	5.06293722	17.0411267	0.66480338	957.577576
06:00:00	650	4.86431274	16.372585	0.6919493	1000.0615
07:00:00	600	5.06293722	17.0411267	0.66480338	957.577576
08:00:00	600	5.06293722	17.0411267	0.66480338	957.577576
09:00:00	600	5.06293722	17.0411267	0.66480338	957.577576
10:00:00	650	4.86431274	16.372585	0.6919493	1000.0615
11:00:00	650	4.86431274	16.372585	0.6919493	1000.0615
12:00:00	500	5.54616985	18.667619	0.60687968	868.270103
13:00:00	550	5.28806547	17.7988764	0.63650078	913.719661
14:00:00	650	4.86431274	16.372585	0.6919493	1000.0615
15:00:00	650	4.86431274	16.372585	0.6919493	1000.0615
16:00:00	650	4.86431274	16.372585	0.6919493	1000.0615
17:00:00	650	4.86431274	16.372585	0.6919493	1000.0615
18:00:00	650	4.86431274	16.372585	0.6919493	1000.0615
19:00:00	550	5.28806547	17.7988764	0.63650078	913.719661
20:00:00	650	4.86431274	16.372585	0.6919493	1000.0615
21:00:00	600	5.06293722	17.0411267	0.66480338	957.577576
22:00:00	700	4.68736905	15.7770176	0.71806972	1041.34765
23:00:00	550	5.28806547	17.7988764	0.63650078	913.719661
00:00:00	550	5.28806547	17.7988764	0.63650078	913.719661

Tabla 29. Datos de Potencia entregados por el filtro.

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos de frecuencia de resonancia se mantienen siempre con presencias de armónicos de corriente de 5°, por ello el filtro seleccionado previamente sigue cumpliendo con las necesidades en el periodo de 24 horas.

Hora	Equivalente sin filtro			Equivalente con filtro		
	Reactiva final sin filtro	Aparente final sin filtro	FP	Reactiva con filtro	Aparente con filtro	FP
00:00:00	802.40	2552.4965	0.95	438.68	2462.48527	0.98
01:00:00	810.37	2536.815	0.95	446.65	2445.04175	0.98
02:00:00	808.39	2593.5181	0.95	450.82	2505.20871	0.98
03:00:00	784.49	2452.63335	0.95	416.22	2360.76837	0.98
04:00:00	862.75	2727.63209	0.95	499.03	2635.27411	0.98
05:00:00	836.30	2710.90222	0.95	478.72	2622.74028	0.98
06:00:00	861.94	2742.39497	0.95	511.87	2653.2644	0.98
07:00:00	766.97	2475.02976	0.95	409.39	2388.54226	0.99
08:00:00	855.33	2659.19288	0.95	497.76	2566.60704	0.98
09:00:00	912.04	2845.5263	0.95	554.46	2751.8417	0.98
10:00:00	820.12	2650.56569	0.95	470.05	2563.95383	0.98
11:00:00	928.70	2878.80144	0.95	578.63	2785.64889	0.98
12:00:00	839.47	2637.67672	0.95	471.20	2544.535	0.98
13:00:00	909.88	2858.60438	0.95	546.16	2764.42219	0.98
14:00:00	775.74	2571.75502	0.95	425.68	2488.64442	0.99
15:00:00	808.51	2550.9126	0.95	458.45	2462.44628	0.98
16:00:00	898.36	2863.89641	0.95	548.30	2774.07354	0.98
17:00:00	923.57	2942.41802	0.95	573.51	2851.97374	0.98
18:00:00	877.40	2800.00107	0.95	527.33	2710.76812	0.98
19:00:00	890.44	2779.99772	0.95	526.73	2685.69072	0.98
20:00:00	966.99	3080.90066	0.95	616.92	2989.56242	0.98
21:00:00	807.71	2629.26224	0.95	450.13	2542.29172	0.98
22:00:00	909.07	2921.32197	0.95	567.73	2833.7289	0.98
23:00:00	693.49	2279.30308	0.95	329.77	2196.14345	0.99
00:00:00	802.80	2553.1332	0.95	439.08	2463.08633	0.98

Tabla 30. Datos de Potencia sin uso de filtro y aplicando filtro reactivo.

Fuente: Elaboración propia.

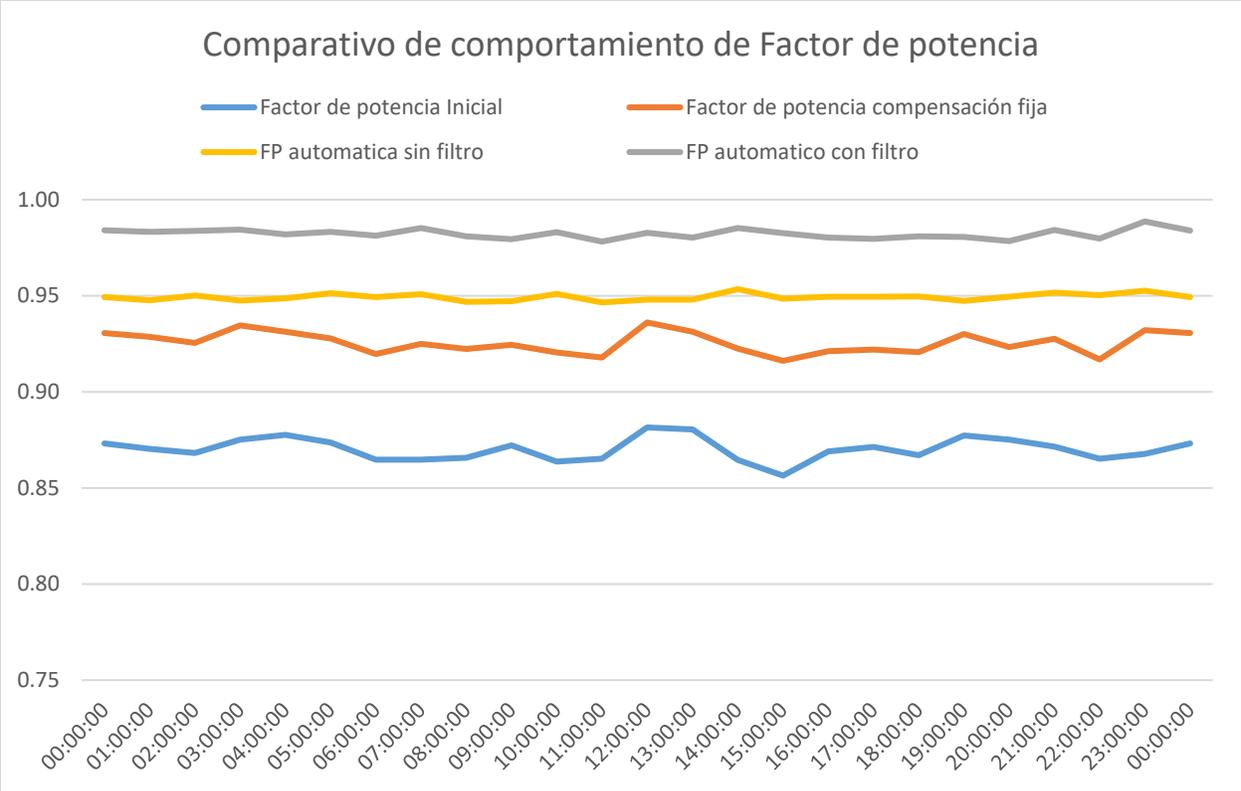


Ilustración 62. Grafica comparativa de factor de potencia antes y después de un sistema de compensación de potencia Reactiva.

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 6.

Propuesta de Mejora.

6.1. Beneficios de la aplicación de banco de capacitores

6.1.1. Control de tensión

Al conectar un capacitor en paralelo, no solo se incrementa el factor de potencia de la fuente que entrega potencia a la carga, sino que también disminuye la corriente de la fuente, considerando una impedancia de la línea entre la fuente y la carga, la disminución en la corriente de la fuente da por resultado que se tengan menos pérdidas en la línea y menos caídas de tensión en ésta.

El tener un bajo factor de potencia trae como consecuencias caídas de tensión en la planta cuando los kVAr son exigidos del sistema de distribución. Cuando el factor de potencia decrece, la corriente total de la línea se incrementa (mayormente corriente reactiva) causando grandes caídas de tensión a través de la impedancia de línea. Esto se debe a que la caída de tensión en una línea es igual a la corriente que fluya multiplicada por la impedancia de la línea. Para mayores corrientes mayor será la caída de tensión.

La aplicación de capacitores produce un incremento de tensión en el sistema, desde el punto de la instalación hacia la generación. En un sistema con factor de potencia (FP) atrasado, esto se presenta debido a que los capacitores pueden reducir la cantidad de corriente reactiva que se transporta en el sistema, de esta forma se reduce la caída de tensión resistiva y reactiva en el mismo. Para estimar el incremento de tensión que producen los capacitores se utiliza comúnmente la siguiente ecuación:

$$\Delta V = \frac{(kVAr)(X_L)}{10(kV)^2}$$

Donde:

ΔV : Porcentaje de elevación de tensión en el punto de instalación de los capacitores (%).

kV: Tensión entre líneas del sistema sin capacitores (V).

kVAr: Potencia reactiva nominal trifásica del banco de capacitores (kVAr).

XL: Reactancia inductiva del sistema en el punto de instalación de los capacitores, en el nivel de tensión correspondiente, incluyendo la reactancia del transformador (Ω).

Los bancos de capacitores se instalan típicamente en las barras principales del sistema de transmisión, para dar soporte de tensión a una gran área. También se colocan en barras de distribución y directamente en las barras de suministro de los clientes, para mantener un soporte de tensión en áreas menores o a clientes individuales. En líneas de distribución, los bancos se instalan para soportar la tensión a lo largo de toda la línea.

Los bancos de capacitores se energizan durante períodos de carga pico o condiciones de baja tensión, des energizándose durante períodos de carga baja o condiciones de alta tensión.

La circulación de la corriente a través de los conductores ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones de la fuente y de la carga, resultando en un insuficiente suministro de potencia a las cargas (motores, lámparas, etc.).

En adición a la corrección del factor de potencia, los capacitores también producen una elevación de tensión en el bus donde se encuentran conectados los bancos de capacitores, esta elevación se debe a la corriente adelantada que proporciona el capacitor a través de la reactancia inductiva de la fuente.

La ecuación para determinar la elevación de voltaje por mejoramiento de factor de potencia es:

$$\%V_{elevado} = X_L \left[\frac{kVAR_{Cap}}{13.2 kV_{LL}^2} \right] = 3.14\%$$

6.1.2. Incremento en la capacidad del sistema

El incremento en la capacidad, es a menudo el beneficio más importante que justifica la adición de capacitores en los sistemas de distribución. Esto es particularmente significativo cuando las cargas alimentadas por el sistema aumentan rápidamente. La adición de capacitores reduce la carga en kVA del sistema, de esta forma se libera capacidad que puede usarse para alimentar cargas futuras.

La capacidad del sistema se puede incrementar mediante la corrección del factor de potencia porque a mayor factor de potencia son menos los kVA para cualquier carga en kW. La instalación de capacitores adicionales en un sistema existente es el medio más barato de obtener la capacidad necesaria del sistema para alimentar a cargas adicionales. La cantidad de corrección del factor de

potencia justificada para aliviar la capacidad, depende del costo del equipo adicional del sistema por kW o kVA en comparación con el costo de los capacitores por kVAr.

Para determinar la capacidad adicional del sistema que se obtiene con una cierta corrección del factor de potencia. Se debe localizar la intersección del factor de potencia original con la capacidad adicional deseada del sistema e identificar en la base el factor de potencia corregido que se necesita.

Por ejemplo, un sistema que opera a plena carga con un factor de potencia de 0.75, necesita una capacidad adicional para cubrir un 20 por ciento más de carga. La figura 45 muestra que se puede obtener un alivio de capacidad de 20 por ciento si se corrige el factor de potencia a 0.93.

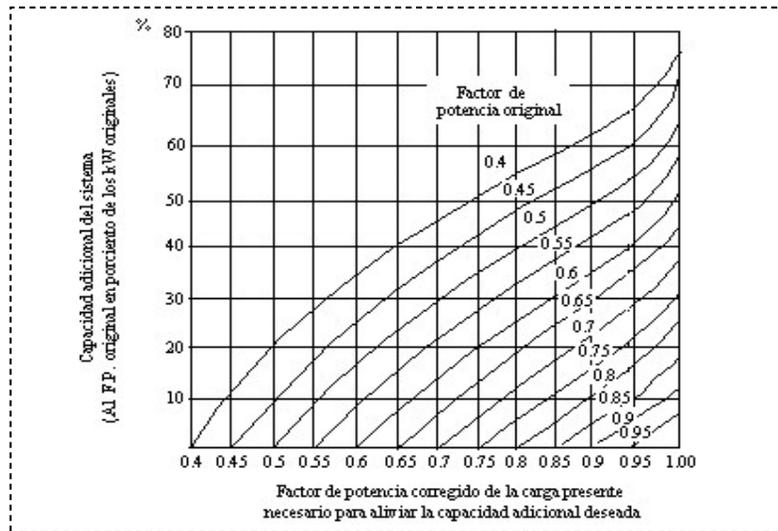


Ilustración 63. Capacidad adicional del sistema después de la corrección del F.P.

Fuente:

La potencia reactiva usada por circuitos inductivos consiste de una corriente reactiva o corriente magnetizante multiplicada por el voltaje del sistema. La potencia reactiva total (y la corriente) aumentan mientras el factor de potencia decrece, cuando la cantidad de elementos inductivos que requiere potencia reactiva se incrementa. Cada elemento inductivo añadido al sistema contribuye a los requerimientos de potencia reactiva totales.

Cuando el factor de potencia es mejorado, la cantidad de corriente reactiva que fluía a través de los transformadores, alimentadores, tableros, cables es reducida. Los condensadores para

corrección de factor de potencia, conectado directamente a los terminales de las cargas inductivas tales como los motores, generan la mayor o toda la potencia reactiva necesaria para crear el campo magnético de los motores y así reduce o elimina la necesidad de suplir potencia desde el sistema de distribución. Por ejemplo, si cuatro motores operan a un factor de potencia de 75%, la corriente del factor de potencia a 95%, liberara suficiente capacidad del sistema para instalar un motor adicional del mismo tamaño.

Donde los transformadores y circuitos estén sobrecargados los condensadores de potencia instalados en varias fuentes de carga inductiva pueden liberar capacidad del sistema y permitir servicios o aumentos de cargas. La instalación de los condensadores de potencia puede, en algunas circunstancias eliminar la necesidad de instalar grandes transformadores de potencia, recablear la planta o posiblemente ambas cosas.

Con la aplicación del sistema propuesto tendríamos una reducción de entre 10% y 13% de potencia demandada del sistema.

6.1.3. Reducción de pérdidas

La potencia que se pierde por calentamiento está dada por la expresión I^2R donde I es la corriente total y R es la resistencia eléctrica de los equipos (devanado de generadores, transformadores, y conductores en general).

Las pérdidas por efecto Joule se manifestarán en:

- Calentamiento de cables.
- Calentamiento de los embobinados del transformador.
- Disparo sin causa aparente de los dispositivos de protección.

Uno de los mayores problemas que causa el sobrecalentamiento es el deterioro irreversible del aislamiento de los conductores, que además de reducir la vida útil de los equipos, puede provocar cortos circuitos.

El bajo factor de potencia también puede causar pérdidas de potencia en el sistema de distribución interno de la planta. La corriente en los alimentadores es alta debido a la presencia de la corriente reactiva. Cualquier reducción en esta corriente resulta en menores kW de perdida en la línea.

Los capacitores de potencia, reduciendo o eliminando la corriente reactiva en los alimentadores, pueden ahorrar una cantidad significativa de dinero al reducir la facturación de los kWh.

Al pasar de un factor de potencia bajo (F.P 0.86), la corriente se reduce en un cierto porcentaje y por consiguiente las pérdidas también se reducen dichos porcentajes se calculan con la ayuda de las ecuaciones respectivas.

$$\%I = 1.0 - \frac{I_2}{I_1} * 100$$

$$\%P = 1.0 - \frac{P_2}{P_1} * 100$$

Ahora considerando que la planta industrial es alimentada por un circuito de distribución de 13.2 kV y tiene una demanda de 2423.10 kW, a un factor de potencia 0.86 en atraso. La impedancia del alimentador de distribución es de $Z = 0.5 + j1.3/\text{fase}$.

Posteriormente se instala un banco de capacitores para mejorar el factor de potencia a más de 0.95 en atraso. Entonces las pérdidas RI^2 en el alimentador antes y después de la adición del banco de capacitores.

La corriente de línea antes de conectar los capacitores a las 00:00 horas es:

$$I_1 = \frac{2774.96}{\sqrt{3} * 7.6} = 210 \text{ A}$$

Las pérdidas RI^2 por fase en el alimentador son:

$$P_{1\phi} = RI^2 = (0.5)(121.38)^2 = 22.05 \text{ kW/Fase}$$

$$P_{3\phi} = 3 * 22.15 = 66.15 \text{ kW}$$

Para corregir el factor de potencia de 0.86 en atraso a 0.95 en atraso se requiere de un banco de capacitores de 556.35 kVAr previamente seleccionando uno de 550 kVAr (valor comercial de capacitores).

Y la potencia reactiva por fase es de:

$$Q_{CAP} = \frac{556.35}{3} = 185.5 \text{ kVAr}$$

Con la anexión de 550 VAr del banco de compensación, la potencia reactiva en la planta es:

$$Q_2 = 1352.40 - 550 = 802.40 \text{ kVAr}$$

La corriente a esta potencia en el alimentador es de:

$$I_2 = \frac{2552.49}{\sqrt{3} * 7.6} = 193.90 \text{ A}$$

Con este valor de corriente, ahora se calculan las perdidas por fase en el alimentador:

$$P_{1\phi} = RI^2 = (0.5)(193.9)^2 = 18.799 \text{ kW/Fase}$$

$$P_{3\phi} = 3 * 18.79 = 56.3 \text{ kW}$$

Con los resultados obtenidos, se puede elaborar la siguiente tabla comparativa:

Hora	Corriente sin compensar	Perdida de potencia sin compensar	Corriente compensada	Perdida de potencia compensada	Corriente compensada y con filtro	Perdida de potencia con filtro armonico
00:00:00	210.81	66.66	193.91	56.40	187.07	52.49
01:00:00	209.83	66.04	192.71	55.71	185.74	51.75
02:00:00	215.62	69.74	197.02	58.23	190.31	54.33
03:00:00	201.71	61.03	186.32	52.07	179.34	48.24
04:00:00	223.96	75.24	207.21	64.40	200.19	60.12
05:00:00	224.23	75.42	205.94	63.62	199.24	59.55
06:00:00	228.71	78.46	208.33	65.10	201.56	60.94
07:00:00	206.74	64.11	188.02	53.03	181.45	49.39
08:00:00	220.93	73.21	202.01	61.21	194.98	57.02
09:00:00	234.78	82.68	216.17	70.09	209.05	65.55
10:00:00	221.66	73.70	201.36	60.82	194.78	56.91
11:00:00	239.23	85.85	218.69	71.74	211.62	67.17
12:00:00	215.50	69.66	200.38	60.23	193.30	56.05
13:00:00	233.84	82.02	217.16	70.74	210.01	66.15
14:00:00	215.47	69.64	195.37	57.25	189.06	53.61
15:00:00	214.61	69.09	193.79	56.33	187.07	52.49
16:00:00	237.72	84.77	217.56	71.00	210.74	66.62
17:00:00	243.58	89.00	223.53	74.95	216.66	70.41
18:00:00	232.95	81.40	212.71	67.87	205.93	63.61
19:00:00	228.03	78.00	211.19	66.90	204.02	62.44
20:00:00	253.91	96.71	234.05	82.17	227.11	77.37
21:00:00	218.10	71.35	199.74	59.84	193.13	55.95
22:00:00	243.77	89.13	221.92	73.88	215.27	69.51
23:00:00	190.08	54.19	173.15	44.97	166.83	41.75
00:00:00	210.86	66.69	193.95	56.43	187.11	52.52

Tabla 31. Valores arrojados al corregir el factor de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

$$\%I = 1.0 - \frac{187.07}{210.81} * 100 = 11.25\%$$

$$\%P = 1.0 - \frac{52.49}{66.66} * 100 = 21.26\%$$

Al pasar de un factor de potencia de 0.86 en atraso a 0.98 en atraso se reduce en un 11.25% la corriente y las pérdidas de potencia se reducen en un 21.26%.

6.1.4. Reducción de demanda anual del sistema

Anteriormente se mostraron los beneficios que se obtienen al implementar el uso de bancos de capacitores para la corrección de potencia reactiva, esta compensación está íntimamente ligada con la mejora de la potencia reactiva por lo que este es uno de los indicadores más representativos del análisis económico con el que se justifica el uso de los bancos de capacitores.

Y retomando datos anteriores se deduce que a pasar del factor de potencia de 0.7 a 0.98 en atraso, la corriente se reduce en un 11.25% y las pérdidas se reducen en un 21.26%, considerando que el complejo de nuevo Carnic opera 720 horas al mes, tenemos que el ahorro de energía será de:

$$\Delta E = \frac{\Delta P * Horas/mes * 12 meses}{1000}$$
$$\Delta E = \frac{(2921.05 - 2601.95) * 720 * 12}{1000} = 2757.02 kWh$$

6.2. Implicaciones de implementación de sistema de compensación.

6.2.1. Implementación de bancos de capacitores automáticos tipo poste.

La aplicación más eficiente y económica de los capacitores de potencia es conectarlos cerca de la carga los bancos de capacitores montados en los postes proveen una instalación que puede ser localizada cerca de la carga en los sistemas de distribución estos bancos pueden ser fijos o desconectarles además de poder contar con un sistema automático de operación dependiendo las necesidades del sistema.

Normalmente los rangos más comunes en los ensambles de los bancos de capacitores para el montaje en poste son de 300 kVAr hasta 900 kVAr, aunque los nuevos diseños con menos volumen permiten incrementar dicha potencia. Estos bancos son posibles hasta una tensión de 34.5 kV.

6.2.2. Componentes de los equipos primarios.

6.2.2.1. Capacitores.

Los capacitores, requieren de un fusible externo, así como de uno interno, de acuerdo con la norma IEEE 18, generalmente con dos boquillas que aíslan el tanque de potencial y este tanque se fabrica en acero inoxidable. Generalmente conectados en estrella flotante. Cada capacitor incorpora una resistencia interna de descarga para llevar la tensión a 50 voltios en 5 minutos una vez desconectados. Pérdidas menores a 0.2W/kVAr en estado estable. El dieléctrico es biodegradable libre de pcbs. Los capacitores de potencia para media tensión pueden fabricarse en tensiones de 2400 hasta 25000 voltios monofásicos. Cada capacitor cuenta con su propia conexión a tierra a través de las orejas de sujeción.

6.2.2.2. Gabinete.

Con alternativa de fabricación en lámina galvanizada o aluminio, generalmente pintado en gris y diseñados para servicio interior o exterior. La base del gabinete, así como también los soportes de bancos están conformados de una estructura metálica calibre C4. El diseño del gabinete es generalmente compartimentado y modular para futuros incrementos de potencia al Banco de capacitores. El gabinete será auto soportado sobre el piso compacto y con espacio suficiente para alojar todo el equipo primario y de control y de protección. Las puertas de acceso se ubicarán en

la parte frontal de las secciones y contará con bisagras chapas y empaques. La envolvente contará con una referencia a tierra a través de una barra que se conectará al sistema de tierra de la instalación.

6.2.2.3.Desconectores.

Para la conexión y/o desconexión de los pasos del Banco de capacitores y filtros armónicos se utilizan desconectores especiales para cargas capacitivas que pueden ser monofásicos o trifásicos. Los equipos para conectar y/o desconectar los bancos de capacitores requieren de una larga vida operacional debido a las frecuentes conmutaciones que se requieren para estas aplicaciones los desconectores ofrecen más de 100000 operaciones libres de mantenimiento. Los mecanismos son simples en diseño y adaptados especialmente para conmutación. Son equipos prácticamente libres de mantenimiento.

6.2.2.4.Reactores inrush.

Al insertar un Banco de capacitores al sistema se generan transitorios severos en corriente dichos transitorios que se denominan corrientes de intrusos estos transitorios pueden mermar el rendimiento de los equipos de conmutación y disminuir su vida útil.

Para ayudar a este fenómeno a mitigar este fenómeno se instalarán reactores de intrusos estos dispositivos disminuirán las corrientes de energización a valores que no afecten el rendimiento de los switches. Al tener estos equipos de compensación MT en pasos los reactores de inrush son indispensables para la operación back to back.

Estos diseños son en núcleo de aire de acuerdo a la tensión nominal del equipo, la inductancia y corriente nominal se calculan de acuerdo con el tamaño del Banco de capacitores y/o sus pasos.

6.2.2.5.Reactores de sintonía.

Reactores monofásicos o trifásicos de núcleo de hierro diseñados para servicio interior y en conjunto con el capacitor forman un circuito resonante para disminuir la o las armónicas de mayor

presenta es presencia en el sistema, también pueden diseñar filtros de rechazo con el propósito de evitar la resonancia entre capacitores y sistema.

6.2.2.6.Cuchilla de puesta a tierra.

En los diseños se puede incluir una cuchilla de puesta a tierra en la sección de acometida con el propósito de aterrizar el Banco de capacitores durante tareas de mantenimiento puede ser cuchilla de operación manual o automatizada estas cuchillas son de operación sin carga y pueden tener enclavamientos mecánicos o eléctricos de acuerdo con las especificaciones requeridas.

6.2.2.7.Pararrayos.

Con el propósito de proteger el Banco de capacitores y filtros armónicos contra ondas de sobretensiones producidas por descargas atmosféricas o por maniobras se considera la instalación de un pararrayos generalmente de tipo distribución de especificaciones de voltaje según la red.

6.2.2.8.Fusibles de sobrecorriente.

Cuando el capacitor es manufacturado con tecnología de fusible externo es indispensable la protección individual de sobre corriente y cortocircuito de cada capacitor. La corriente nominal se diseñará de acuerdo con la potencia de cada capacitor. Para el caso de fusible interno se puede considerar un juego de fusibles limitadores de corriente por cada paso del Banco o filtro de armónicos estos fusibles tendrán una capacidad interruptiva de entre 50 y 63 kA.

6.2.2.9.Transformadores de protección.

Cada Banco de capacitores o filtro de armónicos deberá incluir una protección por desbalance en el neutro, en conexión de estrella flotante se incluye un transformador de potencial para protección de sobretensión en el neutro (59n) y en conexiones de doble estrella flotante se suministrará un transformador de corriente para protección de sobrecorriente al neutro (50n) cuando se tiene un Banco o filtro con funciones de protección como sobrecorrientes o sobrevoltajes se necesitarán colocar transformadores de tensión y de corriente por fase.

6.2.2.10. *Equipo de control y protección.*

Cuando se tiene un Banco automático es muy importante determinar la variable de control existen diferentes opciones entre las que destacan: tensión, potencia reactiva, factor de potencia y tiempo. El gabinete tendrá una sección en la que se recibirán las señales de corriente y tensión, y estará el equipo secundario de control entre los que podremos tener: botoneras, selección de mando manual/automático selector local/remoto, tablillas de interconexión, lámparas indicadoras, relevadores de automatismo, relevadores de protección control de temperatura y ventilación forzada. Entre las funciones de protección más comunes de un banco de capacitores destacamos:

- Sobretensión de neutro (59n).
- Sobrecorriente de neutro (50n).
- Sobrecorriente de fase instantánea y con retardo (50/51) Sobretensión y subtensión de fase (59/27).
- Disparo por ausencia de tensión.

6.2.2.11. *Relevador de corrección de factor de potencia.*

El relevador de factor de potencia opera en base a un factor de potencia objetivo el cual puede ser ajustado por el usuario (el valor pre ajustado en nuestra operación es de 0.95).

Tiene la capacidad de indicar condiciones anormales durante el proceso de compensación de reactiva. Las alarmas pueden ser de factor de potencia, de pérdida de un paso de capacitores, de pasos defectuosos de capacitores, de sobrecarga armónica, de sobre corriente, de sobrecarga térmica. Las alarmas de sobrecarga armónica son muy importantes en particular ya que permite que el filtro se proteja antes de que fallen los capacitores. En muchas instalaciones en el momento de la instalación no se tenían armónicos y el continuado armónico era menor. Nuevos equipos que generan armónicos son instalados pueden llegar a sobrecargar el filtro.

Su capacidad de obtener medidas instantáneas de tensión y corriente en los cuatro cuadrantes le permite calcular correctamente los requerimientos de potencia reactiva del sistema al igual de ser preciso el nivel en niveles de baja carga. El relevador también cuenta con una capacidad de mostrar los valores de la componente de las componentes armónicas como un porcentaje de la componente

fundamental. También proporciona los siguientes parámetros: potencia total activa, potencia total reactiva, factor de potencia del sistema, tensión trifásica (bajo demanda) del sistema, corriente aparente y corriente térmica de la carga.

El relevador selecciona directamente los tamaños adecuados de los arreglos para obtener el factor de potencia objetivo con un mínimo de operaciones de switcheo. Cuando el relevador detecta una necesidad o un exceso de potencia reactiva mayor a $2/3$ partes del tamaño del arreglo más pequeño envía una señal de conexión o desconexión. Con arreglos de igual tamaño al relevador optimiza los ciclos de trabajo de los conductores mediante una rotación para que los arreglos operen el mismo número de veces.

El relevador tiene un programa de switch que puede utilizar la secuencia de arreglos o puede operar en forma automática, incluso el relevador tiene la capacidad de detección automática e indicación del tamaño del capacitor. El programa de operación está diseñado para seguir al factor de potencia lo más cerca posible mediante el cálculo de cómo obtener el factor de potencia relativo en el menor tiempo, para evitar accionamientos innecesarios de los contactores.

6.3. Costos de implementación.

No existe un solo método para determinar los costos de implementación del sistema de compensación, pero si unos objetivos ya definidos, ahorro de capital y mejoras de parámetros técnicos de la instalación. Dicho esto, la información de costos relacionados a los componentes necesarios es muy ambigua debido a la carencia de este sistema en el país y a la desinformación del tema y requeriría de un estudio más amplio para su correcto enfoque.

Según datos recopilados y comparados los costos unitarios más competitivos según componentes son:

- Costo aproximado C\$/kVAr: C\$ 535.16
- Pararrayos: C\$ 10,220.86
- Fusibles de sobrecorriente: C\$ 1071.23
- Corta circuito 15 kV monopolar 400 amp.: C\$ 113,770.5
- Cortacircuitos 15 kV tripolar 100 amp: C\$ 46,625
- Regulador automático trifásico 300 amp: C\$ 240,998.56
- Transformadores de medición: C\$ 97017.41
- Reactores 5to. Armónico: C\$ 120,252.9

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	U/M	GRAN TOTAL C\$	
				C.U.	C.T.
1	Capacitor trifasico 13.2 kV de hasta 700 kVAr	700.00	Glb	C\$535.16	C\$374,612.00
2	Pararrayo autovalvular 15 kV	6.00	Und	C\$10,220.86	C\$61,325.16
3	Fusibles de portecion tipo K	3.00	Und	C\$1,071.23	C\$3,213.69
4	Seccionador de barra solida tripolar 15kV 400 amp.	2.00	Und	C\$273,048.67	C\$546,097.34
5	Cortacircuitos fucible tripolar 100 amp.	1.00	Und	C\$46,625.55	C\$46,625.55
6	Regulador automatico trifasico 300 Amp.	1.00	Und	C\$289,198.27	C\$289,198.27
7	Transformadores de corriente p/medición	3.00	Und	C\$97,017.41	C\$291,052.23
8	Reactores 5to Armonico.	3.00	Und	C\$120,252.90	C\$360,758.70
Costo de materiales					C\$1,972,882.94

Tabla 32. Costo de materiales del banco de compensación.

Fuente: Elaboración propia.

El costo de los materiales de dicho sistema es de C\$ 1,972,882.94, pero en caso de que solicitemos el banco de compensación ya armado y listo para su montaje el costo estimado es de C\$2,649,900.

Los costos antes mencionados no incluyen costes de traslados, aranceles aduanales ni instalación de los equipos.

6.4. Evaluación financiera.

Una evaluación financiera de proyectos de inversión, nos permite conocer el costo final de inversión y sus costos asociados, así como evaluar niveles costo y beneficio, es decir juzga el proyecto desde la perspectiva de rentabilidad, permite además determinar el periodo de recuperación de la inversión. Sus criterios más relevantes son el valor actual neto, tasa interna de retorno y tiempo de recuperación de la inversión.

Para nuestro proyecto en el capítulo anterior conocimos el costo de los componentes del sistema, haciendo una predicción de reducción por demanda sabemos que según el pliego tarifario vigente para el mes de febrero 2023 en tarifa T-5E, el cargo por potencias (C\$/kW-mes) para el verano es de C\$804.52, con esto determinamos que:

$$\Delta E = 2757.02 * 804.52 = C\$2,218,080.94$$

Se obtiene un ahorro de C\$ 2,218,080 córdobas anuales, solo en reducción de cargo por potencia demandada.

DESCRIPCION	AÑOS					
	0	1	2	3	4	5
INGRESOS OBTENIDOS CON BANCO DE CAPACITORES AUTOMATICOS		C\$ 2,218,080.94	C\$ 2,218,080.94	C\$ 2,218,080.94	C\$ 2,218,080.94	C\$ 2,218,080.94
COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		C\$ 22,050.00	C\$ 24,255.00	C\$ 26,680.50	C\$ 29,348.55	C\$ 32,283.41
DEPRECIACION		197,288.29	197288.294	197288.294	197288.294	197288.294
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO		C\$ 1,998,742.65	C\$ 1,996,537.65	C\$ 1,994,112.15	C\$ 1,991,444.10	C\$ 1,988,509.24
IMPUESTO		C\$ 299,811.40	C\$ 299,480.65	C\$ 299,116.82	C\$ 298,716.61	C\$ 298,276.39
UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTO		C\$ 1,698,931.25	C\$ 1,697,057.00	C\$ 1,694,995.32	C\$ 1,692,727.48	C\$ 1,690,232.85
DEPRECIACION		C\$ 197,288.29	C\$ 197,288.29	C\$ 197,288.29	C\$ 197,288.29	C\$ 197,288.29
VALOR DE DESECHO						C\$ 986,441.47
INVERSION INICIAL	C\$ 1,972,882.94					
FNE	-\$1,972,882.94	C\$ 1,896,219.54	C\$ 1,894,345.29	C\$ 1,892,283.62	C\$ 1,890,015.78	C\$ 2,873,962.62
VAN	C\$ 2,903,754.03	VAN>0, ES RENTABLE				
TIR	94%	TIR > TASA DE DESCUENTO (30%), ES RENTABLE				
R(B/C)	86.5	R(B/C), RELACION BENEFICIOS/COSTOS > 1 ES RENTABLE				
PRI	1 AÑOS	SE RECUPERA LA INVERSION EN 1 AÑO				
VAI	C\$ 5,402,290.85	VALOR ACTUAL DE INGRESOS				
VAC	C\$ 62,428.27	VALOR ACTUAL DE COSTOS				

Tabla 32. Evaluación financiera de sistema de compensación Variable.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones.

Los objetivos propuestos para la elaboración y desarrollo del presente proyecto de grado se cumplieron plenamente. De acuerdo con los resultados obtenidos del diagnóstico eléctrico de cada centro de transformación en la red existente en Nuevo Carnic S. A. se realizaron a las siguientes conclusiones:

De acuerdo a la información obtenida y recopilada por nuestra parte se concluye que se analizó la totalidad de centros de transformación de uso continuo ubicados en el plantel.

De acuerdo con las mediciones eléctricas se logró determinar que el 75% de los centros de transformación presenta un desbalance de corriente fuera de criterio técnico aceptable, solo un 25% de los transformadores cumplen con el requisito de norma. Adicional a eso el 69% de los transformadores se encuentran por debajo de su valor eficaz de cargabilidad (70%-95%) y solo un 30.16% cumple esta recomendación, esto influye en la caída de factor de potencia del sistema.

Según la propuesta de implementación de compensadores reactivos suponemos un ahorro de al menos 2757.02 kWh/año que equivalen a C\$2,218,080.94 al año.

Los centros de transformación visitados demuestran una carencia de mantenimiento preventivo, por lo que se recomienda la aplicación de este con el fin de ayudar a prevenir fallas que puedan afectar el libre funcionamiento de la empresa.

Como conclusión final se logró cuantificar que, según el costo de implementación de la propuesta de compensación y el ahorro equivalente, denotamos que en un periodo de entre 10 y 12 meses se recuperaría la inversión para un sistema con una vida útil de al menos 15 años, por lo que es factible su aplicación.

Recomendaciones.

A partir de los resultados obtenidos de esta monografía, es necesario en el caso de que se planea implementar la propuesta de compensación automática de reactiva en el circuito del matadero Nuevo Carnic S.A. consideremos:

Es recomendable hacer un análisis más detallado de los factores que afectan a los bancos de capacitores y los fenómenos que estos pueden provocar al ser conectados a la red, es decir hacer un análisis del comportamiento de las armónicas y de los fenómenos transitorios ocurridos al conectar los bancos de capacitores.

Se recomienda que los capacitores sean instalados de acuerdo a la información provista. Además, se recomienda que se haga un análisis detallado de las protecciones de los bancos, así como filtros de armónicas, para prevenir disturbios en los bancos de capacitores.

Se recomienda evacuar todas las anomalías encontradas en el estudio relacionadas al desbalance de carga, e índice de carga de los transformadores.

Realizar un mantenimiento preventivo de los transformadores y demás componentes del circuito de matadero Nuevo Carnic.

Bibliografía y Web grafía.

- [1] Torres, R. G., Orosa, R. A., Ibáñez, J. C., & Melguizo, F. J. (2006). Tecnología eléctrica. McGraw-Hill Education.
- [2] Horacio, T., & Esperanza, P. E. (2011). Calidad de Energía Eléctrica. Eae Editorial Academia Espanola.
- [3] INE. (1996, mayo). RESOLUCION No. 006-2000. <https://rise.esmap.org/data/files/library/nicaragua/Energy%20Access/Supporti%20Documentation/Nicaragua%20-%20Electric%20Sector%20Norm.pdf>
- [4] Instituto Tecnológico de Puebla. (s. f.). Calidad de energía eléctrica (Vol 1). Feb2019.
- [5] Chaniz, R. (1997). CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO. El noticIIIero de la sección-Panama, 1. <https://r9.ieee.org/panama/wp-content/uploads/sites/25/2013/04/noticiero-011997.pdf>
- [6] "Práctica recomendada y requisitos de IEEE para el control de armónicos en sistemas de energía eléctrica", en IEEE Std 519-2014 (Revisión de IEEE Std 519-1992), vol., No., Págs. 1 a 29, 11 de junio de 2014, doi: 10.1109 /IEEESTD.2014.6826459.
- [7] "Práctica recomendada de IEEE para monitorear la calidad de la energía eléctrica", en IEEE Std 1159-2019 (Revisión de IEEE Std 1159-2009) , vol., No., Págs. 1-98, 13 de agosto de 2019, doi: 10.1109 / IEEESTD. 2019.8796486.
- [8] Mora, F. J. (2012). Circuitos eléctricos. 2a Edición (2 edicion ed.). Pearson.
- [9] S.R, J. E. (2019). Estudio para el balanceo de la carga del alimentador Anconcito de 13.8 kV ubicado en el cantón Salinas provincia de Santa Elena. (1.a ed.). Universidad Catolica Guayaquil.

[10]. Ahorro de energía (2018 12 agosto). La prensa.

<https://www.laprensa.com.ni/2020/01/15/economía/2630131-entra-en-vigencia-el-tercer-Ajuste-al-subsidio-de-la-tarifael-electrica>

[12]. SISTEMA DE GESTION DE ENERGIA. (2015, 2 abril). ISO 50001.

<https://www.nqa.com/medialibraries/NQA/NQA-Media>

<Library/PDFs/Spanish%20QRFs%20and%20PDFs/NQA-ISO-50001-Guia-de-implantacion.pdf>

[13]. Banco centro americano. (2010). El mercado eléctrico de Nicaragua y la energía renovable

<https://www.bcie.org/fileadmin/areca/espanol/archivos/informacion-sector-energetico/estudios/2010648132.pdf>

[14]. INE. (1996, Mayo). Resolución No. 006-2000

<https://rise.smap.org/data/files/library/nicaragua/Energia%20Acceso/Support%20Documentation/Nicaragua-%20Electric%20Sector%20Norm.pdf>

[15]. Ministerio De Energía Y Minas. (2014). VI Seminario Latinoamericano Y Del Caribe

2014 De Eficiencia Energética. 30/01/2016, de Ministerio De Energía Y Minas.

<http://www.mim.gov.ni/index.php?s=1&idp=174&idt=2&id=778>

[16]. ISO/19011:2011 Directrices para la auditoria de sistema de gestión

<http://www.ovacen.com/auditorias-energeticas-definicion-ambito-actuacion-normativa/>

[17]. GUIA DIDACTICA PARA EL DESARROLLO DE AUDITORIA ENERGETICA. (2001,

8 febrero). NORMAS DE AUDITORIA ENERGETICA.
https://bdigital.upme.gov.co/bitstream/001/902/1/upme_217_auditorias_energeticas_2007.pdf

[18] BRATU, N. Y CAMPERO, E 1990. Instalaciones eléctrica, Conceptos Básicos Diseño. Segunda Edición.

[19] CEN – Coordinador Eléctrico Nacional, 2021: Base de datos Infotécnica del Sistema Eléctrico Nacional.

<https://infotecnica.coordinador.cl/instalaciones/centrales>

[20] García R. (17/12/2017) Eficiencia energética y sostenible en edificación. Recuperado el 23 de octubre de 2019 <http://www.ecoefys.com/pasos-de-una-auditoria-energetica/>

[21] Marín L. (24/08/2018). Auditoria energética: una manera de ahorrar. Recuperado el 23 de Octubre del 2019 de: <https://energymaster.co/auditoria-energetica-igual-aahorro/>

[22] Ribas J (2010-2019). Circuito de fuerza y Circuito de maniobra en instalaciones automatizadas. Recuperado el 30 de Octubre del 2019 de:
<https://dissenyproducte.blogspot.com/2015/04/circuito-de-fuerza-y-circuito-de.html>

[23] URJC online (27/09/2017) Modulo II – Auditorías energéticas. Recuperado el 30 de Octubre del 2019 de: <https://urjconline.atavist.com/spoc-cei-ii-m2-auditoriasenergeticas>

[24] CHEC (2009) Uso eficiente de la energía. Recuperado el 23 de Octubre del 2019 de:
http://crea.uclm.es/crea2/sp/actividades/documentos/Auditorias_en.pdf

[25] Almendra, A., Miranda, A. & Peralta, L. (2014). Auditoria energética en edificios laborales de la SESGO-CFE. México DF. Recuperado el 16 de Octubre del 2019 de:
<https://www.reibci.org/publicados/2014/agosto/2200112.pdf>

Anexos.

HOJA DE ESTAQUEO NUEVO CARNIC S.A.		
PUNTOS	EXISTE	COORDENADAS
P1	1)PC-12M 800 DAN	X = 589779.3076 Y = 1343898.991
	1)MT-305/C	
	1)MP-FUM-1590	
	1)AP-101(M11927)	
	3)SBS-M1590	
	1)MT-105/C	
	1)PR-101/C	
P2	1)PC-12M 300 DAN	X = 589769.6826 Y = 1343899.000
	1)RECLOSER	
	1)TRAFO DE 10KVA GEPROLEC	
	1)TRANSFORMADOR DE 2.5MVA	
	1)JUEGO DE CUCHILLAS TRIPOLARES	
	3)SBS	
	1)MT-316/C	
	3)TP	
1)PR-101/C		
P3	1)PC-12M 300 DAN	X = 589763.2018 Y = 1343899.000
	2)MT-307/C	
	1)TRANSFORMADOR DE 1.25MVA	
	1)JUEGO DE CUCHILLAS TRIPOLARES	
	1)PR-101/C	
P4	1)PC-35' 2.5KN	X = 589746.3045 Y = 1343899.000
	1)MT-301/C	
P5	1)PC-35' 300 DAN	X = 589733.5509 Y = 1343899.000
	1)MT-316/C	
	1)JUEGO DE CUCHILLAS TRIPOLARES	
	1)FU-M1597	
	1)PR-101/C	
P6	1)PC-40' 3.33KN	X = 589685.9575 Y = 1343898.875
	1)MT-319/C	
	2)SU-BT	
	1)CSU-BT	
P7	1)PC-12M 500 DAN	X = 589650.0306 Y = 1343896.868
	1)MT-316/C	
	3)CCF	
	1)HA-100b/C	
	1)AP-LED	
	1)FU-M1598	
	2)SU-BT	
	2)CSU-BT	
	1)PR-101/C	
P8	1)PC 12M 500 DAN	X = 589650.8814 Y = 1343865.698
	1)MT-307/C	
	1)PR-301/C	
	1)TR-305/C	
	1)SU-BT	
	3)TRANSFORMADORES DE 25KVA	
	1)PR-101/C	
	1)AP-101	
	1)HA-100b/C	
	1)HORMIGONADO	
P9	1)PC-10.5M 300 DAN	X = 589620.0345 Y = 1343896.868
	1)MT-301/C	
	1)TRANSFORMADOR DE 1.5MVA	
	1)JUEGO DE CUCHILLAS TRIPOLARES	
	1)PR-101/C	

HOJA DE ESTAQUEO NUEVO CARNIC S,A.		
P10	1)PC-10.5M 300 DAN	X = 589597.4367 Y = 1343896.868
	1)MT-301/C	
	1)SU-BT	
	1)TRANSFORMADOR DE 50KVA	
	1)PR-101/C	
P11	1)PC-10.5M 300 DAN	X = 589592.3097 Y = 1343896.868
	1)MT-301/C	
	1)SU-BT	
	1)PR-101/C	
P12	1)PC-10.5M 300 DAN	X = 589581.3451 Y = 1343896.868
	1)MT-305/C	
	2)HA-100b/C	
	1)PR-101/C	
P13	1)PC-10.5M 300 DAN	X = 589581.2944 Y = 1343867.672
	1)MT-301/C	
	1)HA-100b/C	
	1)PR-101/C	
P15	1)PC-12M 500 DAN	X = 589581.3451 Y = 1343853.612
	1)MT-301/C	
	1)MT-307/C	
	3)CCF	
	1)HA-100b/C	
	1)PR-101/C	
P16	1)PC-12M 500 DAN	X = 589517.0488 Y = 1343852.700
	1)MT-307/C	
	1)PR-305/C (3CCF)	
	3)PARARRAYOS	
	1)PASO AEREO SOTERRADO	
P17	1)PC-10.5M 500 DAN	X = 589587.4228 Y = 1343798.215
	1)MT-316/C	
	1)MT-307/C	
	2)SU-BT	
	1)CSU-BT	
	1)PR-101/C	
P18	1)PC-12M 300 DAN	X = 589552.3848 Y = 1343798.215
	1)MT-301/C	
	1)TR-305/C	
	1)PR-305/C	
	3)TRANSFORMADORES DE 25KVA	
	3)SU-BT	
P19	1)PC-12M 500 DAN	X = 589525.8967 Y = 1343798.384
	1)MT-307/C	
	3)TRANSFORMADORES DE 25KVA	
	1)AP-TIPO HONGO	
	1)HA-100b/C	
	3)SU-BT	
1)PR-101/C		

HOJA DE ESTAQUEO NUEVO CARNIC S,A.		
P20	1)PC-12M 500 DAN	X = 589590.8267 Y = 1343713.384
	1)MT-307/C	
	1)MT-316/C	
	1)TR-305/C	
	3)TRANSFORMADORES DE 75KVA	
	2)SU-BT	
1)PR-101/C		
P21	1)PC-12M 3.33KN	X = 589619.1544 Y = 1343714.216
	1)MT-316/C	
	3)SU-BT	
	1)AP-101 SODIO	
P22	1)PC-10.5M 2.5KN	X = 589642.3783 Y = 1343714.898
	1)PR-305-FU-13	
	1)MT-316/C	
	1)SU-BT	
	1)CSU-BT	
	1)HA-100b/C	
1)PR-101/C		
P23	1)PC-12M 300 DAN	X = 589651.9596 Y = 1343715.179
	1)MT-319/C	
	1)SU-BT	
P24	1)PC-10.5M 500 DAN	X = 589698.3135 Y = 1343716.540
	1)MT-316/C	
	1)MT-307/C	
	3)SU-BT	
	1)PR-101/C	
	1)AP-LED	
P25	1)PC-12M 300 DAN	X = 589705.4062 Y = 1343698.905
	1)MT-316/C	
	1)PR-101/C	
	1)CSU-BT	
	1)SU-BT	
1)HA-106b/C		
P26	1)PC-12M 300 DAN	X = 589705.3482 Y = 1343678.932
	1)MT-316/C	
	1)JUEGO DE CUCHILLAS TRIPOLARES	
	1)PR-101/C	
	1)CSU-BT	
	1)SU-BT	
1)HA-106b/C		
P27	1)PC-12M 300 DAN	X = 589714.0180 Y = 1343652.852
	1)MT-316/C	
	1)MT-307/C	
	1)HA-106/C	
	1)AP-SODIO	
	2)SU-BT	
	1)CSU-BT	
1)PR-101/C		
P28	1)PC-12M 300 DAN	X = 589734.0163 Y = 1343653.113
	1)MT-307/C	
	1)SU-BT	
	1)PR-101/C	

HOJA DE ESTAQUEO NUEVO CARNIC S,A.		
P29	1)PC-12M 300 DAN	X = 589714.5571 Y = 1343639.302
	1)MT-301/C	
	1)AP-LED	
	1)PR-101/C	
P30	1)PC-12M 300 DAN	X = 589714.7092 Y = 1343616.467
	1)MT-316/C	
	2)SU-BT	
	2)CSU-BT	
	1)HA-106/C	
P31	1)PC-12M 300 DAN	X = 589703.1397 Y = 1343605.845
	2)SU-BT	
P32	1)PC-12M 300 DAN	X = 589714.9858 Y = 1343605.851
	1)MT-316/C	
	1)SU-BT	
	1)CSU-BT	
	1)AP LED	
P33	1)PC-12M 300 DAN	X = 589723.6465 Y = 1343602.470
	1)MT-316/C	
	1)SU-BT	
	1)CSU-BT	
	1)HA-106/C	
	1)PR-101/C	
P34	1)PC-12M 300 DAN	X = 589747.9280 Y = 1343602.456
	1)MT-307/C	
	1)PR-305 + 3 PARARRAYOS	
	1)HA-106/C	
	1)SU-BT	
	1)AP - SODIO	
	1)PR-101/C	
P35	1)PC-12M 300 DAN	X = 589697.8329 Y = 1343743.435
	1)MT-305/C	
	1)TR 305	
	3)TRANSFORMADORES DE 37.5KVA BDI: 53993,94,95	
	1)AP-TIPO HONGO	
	1)PR-101/C	
P36	1)PC-12M 500 DAN	X = 589726.0406 Y = 1343741.687
	1)MT-307/C	
	1)TR-305/C	
	3)TRANSFORMADORES DE 50KVA	
	1)SU-BT	
P37	1)PC-12M 300 DAN	X = 589539.9111 Y = 1343711.889
	1)MT-305/C	
	1)SU-BT	
	1)CSU-BT	
	2)HA-100b/C	
	1)PR-101/C	

HOJA DE ESTAQUEO NUEVO CARNIC S,A.		
P38	1)PC-12M 300 DAN	X = 589505.2049 Y = 1343675.665
	1)MT-307/C	
	1)PASO AEREO SOTERRADO	
	3)PARARRAYOS	
	3)CCF	
	1)TRANSFORMADOR DE 10KVA	
1)PR-101/C		



ELVATRON S.A. Cédula Jurídica # 3-101-020826
Centro de Servicios Técnicos
Tel (506)2242-9960 / Fax (506) 2520-0697

400 metros Norte de Rapi Freno, La Uruca 10107, San José, Costa Rica

Certificado de Calibración

Certificado # CC-SST-15732-ED Doc: ELV-CST-MT-01-A2 V3

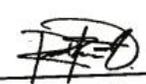
Cliente: SILVA INTERNACIONAL S.A.	Fecha de Calibración: 10/07/2019 (d/m/a)
Dirección: Altamira Este, Calle Principal, Managua, Nicaragua	Fecha Sugirió de Expiración: 10/07/2021 (d/m/a)
Instrumento: POWER QUALITY AND ENERGY ANALYZER	Datos: Como Encontrado-Dejado
Marca: FLUKE CORP.	Condición: Dentro de Especificaciones
Modelo: 435 SERIES II	Técnico de Calibración: Renato Pravia
Número de Serie: 30763113	Lugar de Calibración: CST, Elvatron S.A.
Número de Activo: 13563	Temperatura: 22.55°C
Método de Cal.: Comparación Directa	Humedad Relativa: 42.3 %
Procedimiento: ELV-CST-PT-C-01 Cal. Variables Eléctricas.	Presión Barométrica: N/A
Proc. METICAL: Fluke 435-II (1 year) CAL VER RS-232 /5520	

Patrones Utilizados en la Calibración :			
# Activo	Descripción	Fecha Calibración	Fecha Expiración
CSTE-0075	MULTI-PRODUCT CALIBRATOR, FLUKE CORP. 5522A s/n 3282901	14/11/2018	14/11/2019

Las incertidumbres de las mediciones dadas son calculadas con un factor de cobertura de 2 (K=2), para un nivel de confianza de aproximadamente un 95%. Los resultados reportados son válidos solo al momento que dichas pruebas se efectuaron. Los patrones utilizados en esta calibración son trazables al SI a través del NIST y / u otros Institutos Nacionales de Metrología (INM's) firmantes del acuerdo de reconocimiento mutuo del Comité Internacional de Pesos y Medidas (CIPM-MRA).

Comentarios y Notas:
A solicitud del cliente, se establece el intervalo de calibración en 2 años.

El programa de calibración y los patrones utilizados cumplen con los requerimientos de ANSI Z-540 y de ISO/IEC 17025:2005. Este Certificado de Calibración no debe ser reproducido excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Elvatron S.A.


 Renato Pravia
Técnico de Calibración


 Oscar Sibaja Seravalli
Supervisor CST

Fecha de Impresión (d/m/a): 10/07/2019
Certificado # CC-SST-15732-ED
Página 1 de 8

Certificado de calibración de equipo Fluke 435 serie II

Hora	Vrms ph-n AN Max	Vrms ph-n BN Max	Vrms ph-n CN Max	Vrms ph-ph AB Max	Vrms ph-ph BC Max	Vrms ph-ph CA Max	Corriente A Max	Corriente B Max	Corriente C Max
00:04:00	281.42	278.83	279.04	486.16	482.09	485.44	1994.8	2083.5	1866.2
01:04:00	282.01	279.53	279.6	487.32	483.21	486.38	1773.4	1856.7	1627.9
02:04:00	281.06	278.43	278.53	485.6	481.27	484.65	1941.4	2017.5	1801.1
03:04:00	284.31	281.59	282.09	490.85	487.17	490.78	1826.3	1890.3	1657
04:04:00	278.04	275.52	275.52	480.48	476.19	479.33	2011.7	2096	1840
05:04:00	282.32	279.55	280.02	487.45	483.51	487.23	2005.3	2091.8	1844.6
06:04:00	276.92	273.78	274.15	477.92	473.32	477.37	2295.2	2402.7	2107
07:04:00	278.08	275.73	275.52	480.75	476.34	479.39	1963.5	2043.8	1801.3
08:04:00	281.59	279.16	279.41	486.53	482.71	485.87	1905.3	1982.6	1762.6
09:04:00	281.67	279.17	279.2	486.76	482.54	485.69	2023.5	2104.2	1846.8
10:04:00	278.91	276.48	276.5	482.01	477.9	480.96	1972	2048.5	1818.5
11:04:00	278.13	274.8	275.43	479.77	475.39	479.67	2277.7	2387.8	2090.4
12:04:00	282.01	279.53	279.6	487.32	483.21	486.38	1773.4	1856.7	1627.9
13:04:00	281.06	278.43	278.53	485.6	481.27	484.65	1941.4	2017.5	1801.1
14:04:00	279.61	277.05	277.5	482.9	479.32	482.58	1964.8	2058.9	1816.5
15:04:00	278.55	276.22	276.09	481.5	477.34	480.2	1946.9	2022.9	1790
16:04:00	281.67	279.17	279.2	486.76	482.54	485.69	2023.5	2104.2	1846.8
17:04:00	279.1	275.91	276.5	481.64	477.18	481.4	2234.2	2335.3	2050.9
18:04:00	276.92	273.78	274.15	477.92	473.32	477.37	2295.2	2402.7	2107
19:04:00	278.08	275.73	275.52	480.75	476.34	479.39	1963.5	2043.8	1801.3
20:04:00	281.84	279.48	279.45	487.07	483.1	486.04	1997.6	2090.5	1849.2
21:04:00	278.44	275.97	275.98	481.2	477.01	480.06	2022.9	2109.8	1870.4
22:04:00	278.13	274.8	275.43	479.77	475.39	479.67	2277.7	2387.8	2090.4
23:04:00	280.36	278.79	278.07	485.41	481.5	483.2	1732	1801.2	1594.4
23:44:00	281.59	279.16	279.41	486.53	482.71	485.87	1905.3	1982.6	1762.6

Parámetros de voltaje y corriente en el secundario de T2

Hora	Factor de Potencia Total Max	Energía Activa Total	Energía Aparente Total	Potencia Activa Total Max	Energía Reactiva Total
00:04:00	0.874	235981	251775.00	1546.86	87770.26
01:04:00	0.874	213690	229298	1361.15	83151.41
02:04:00	0.874	232296	247391	1485.62	85093.33
03:04:00	0.874	217833	233612	1402.49	84399.94
04:04:00	0.874	234801	251331	1517.69	89642.41
05:04:00	0.8645	226579	243411	1528.49	88943.08
06:04:00	0.874	269953	289538	1727.48	104678.70
07:04:00	0.874	232506	248703	1488.12	88284.44
08:04:00	0.874	227213	243159	1461.06	86605.73
09:04:00	0.8645	240080	256997	1539.54	91700.88
10:04:00	0.8645	231132	247198	1489.97	87663.27
11:04:00	0.8645	270683	290510	1709.98	105483.52
12:04:00	0.874	213690	229298	1361.15	83151.41
13:04:00	0.874	232296	247391	1485.62	85093.33
14:04:00	0.874	231515	247673	1499.25	87992.73
15:04:00	0.8645	230143	246585	1467.97	88534.52
16:04:00	0.8645	240080	256997	1539.54	91700.88
17:04:00	0.8645	252013	270619	1682.09	98610.81
18:04:00	0.874	269953	289538	1727.48	104678.70
19:04:00	0.874	232506	248703	1488.12	88284.44
20:04:00	0.874	234166	250579	1547.78	89197.08
21:04:00	0.874	231681	248314	1534.2	89351.87
22:04:00	0.8645	270683	290510	1709.98	105483.52
23:04:00	0.874	207916	222366	1321.3	78851.60
23:44:00	0.874	227213	243159	1461.06	86605.73

Parámetros de Consumo, demanda y Fp de T2.

Hora	Vrms ph-n AN Max	Vrms ph-n BN Max	Vrms ph-n CN Max	Vrms ph-ph AB Max	Vrms ph-ph BC Max	Vrms ph-ph CA Max	Corriente A Max	Corriente B Max	Corriente C Max	Corriente N Max
00:00:00	276.41	274.85	273.75	478.4	474.16	476.43	430.5	435.7	384.2	24.8
01:00:00	280.42	278.69	278.04	485.08	481.12	483.78	598.8	592	542.4	25.9
02:00:00	276.64	274.53	274.14	478.12	474.11	477.2	541.1	524.2	473.8	23
03:00:00	273.32	271.49	270.66	472.82	468.4	471.21	441.9	435.1	379.3	26
04:00:00	273.02	271.06	270.57	472.05	467.99	470.97	489.6	491.1	445.7	26.8
05:00:00	275.11	272.93	272.74	475.38	471.44	474.78	606.4	592.4	545.6	23.3
06:00:00	275.34	273.53	272.98	476.18	472.28	475.04	442.9	432.5	377.5	26.7
07:00:00	274.74	272.93	272.41	475.18	471.18	474.08	404.4	410.4	353.7	27.8
08:00:00	278.68	276.86	276.37	481.93	478.12	480.86	525.1	516.1	475	23.5
09:00:00	277.91	276.28	275.67	480.78	477.09	479.51	618.8	615.6	568.4	21.9
10:00:00	274.54	272.79	271.87	475.03	470.56	473.4	372.2	365.9	326.9	31.4
11:00:00	273.96	272.2	271.46	473.96	469.76	472.43	438.5	450.3	399.5	26.9
12:00:00	276.53	275	274.17	478.56	474.74	476.85	664.4	653.8	610.7	21.5
13:00:00	275.11	272.93	272.74	475.38	471.44	474.78	606.4	592.4	545.6	23.3
14:00:00	275.34	273.53	272.98	476.18	472.28	475.04	442.9	432.5	377.5	26.7
15:00:00	274.74	272.93	272.41	475.18	471.18	474.08	404.4	410.4	353.7	27.8
16:00:00	276.24	274.25	273.85	477.55	473.59	476.65	585.4	577.8	517.1	24.3
17:00:00	274.55	273.04	272.3	474.95	471.47	473.63	660.8	652.5	609	25.9
18:00:00	275.09	273.33	272.34	476.06	471.43	474.09	456.5	454	411.9	29.1
19:00:00	272.93	271.46	270.61	472.29	468.62	470.6	539.1	550.1	514.6	24.5
20:00:00	274.42	272.99	272.27	474.9	471.47	473.35	1078.3	1091.7	1024.8	32.8
21:00:00	273.6	271.64	271.39	472.9	469.31	472.23	562.9	552.9	509.6	23.3
22:00:00	272.98	270.98	270.41	472.01	467.7	470.82	499.3	497	447	27.9
23:00:00	274.87	273.15	272.39	475.54	471.4	474.06	398.2	421.8	357.5	28.9
00:00:00	276.41	274.85	273.75	478.4	474.16	476.43	430.5	435.7	384.2	24.8

Parámetros de voltaje y corriente en el secundario de T3

Hora	Factor de Potencia Total Max	Energía Activa Total Max	Energía Aparente Total Max	Potencia Activa Total Max	Potencia Reactiva Total
00:00:00	0.92	38982	45049	317.44	22579.1071
01:00:00	0.9	38988	45490	438.30	23436.637
02:00:00	0.9	49439	57055	380.97	28479.0854
03:00:00	0.94	37666	44013	319.76	22768.764
04:00:00	0.94	38837	44845	364.02	22422.3428
05:00:00	0.93	46246	53275	442.21	26448.6882
06:00:00	0.9	37825	43998	310.11	22474.2826
07:00:00	0.89	33705	39537	286.37	20667.5433
08:00:00	0.91	41084	47250	385.23	23338.1114
09:00:00	0.91	51785	59552	452.04	29406.7081
10:00:00	0.9	28236	33405	261.75	17849.9952
11:00:00	0.94	39148	45303	331.12	22799.033
12:00:00	0.93	51544	59290	495.42	29300.5147
13:00:00	0.93	46246	53275	442.21	26448.6882
14:00:00	0.9	37825	43998	310.11	22474.2826
15:00:00	0.89	33705	39537	286.37	20667.5433
16:00:00	0.91	42152	48609	418.53	24208.3411
17:00:00	0.94	42133	48854	493.83	24729.0038
18:00:00	0.9	30422	35713	325.59	18706.1563
19:00:00	0.94	39142	45324	409.43	22851.0134
20:00:00	0.9	65210	75041	791.20	37132.2984
21:00:00	0.9	51169	58842	398.21	29053.647
22:00:00	0.89	37773	44338	351.37	23217.638
23:00:00	0.9	33893	39654	289.49	20584.078
00:00:00	0.92	38982	45049	317.44	22579.1071

Parámetros de Consumo, demanda y Fp de T3

Hora	Vrms ph-n AN Max	Vrms ph-n BN Max	Vrms ph-n CN Max	Vrms ph-ph AB Max	Vrms ph-ph BC Max	Vrms ph-ph CA Max	Corriente A Max	Corriente B Max	Corriente C Max
00:00:00	397.55	227.38	227.11	456.79	454.49	459	24.7	26.5	25.5
01:00:00	398.3	228.14	227.86	457.83	455.99	459.99	24.5	26.3	25.6
02:00:00	397.99	227.55	227.28	457.5	454.83	459.2	24.7	26.5	25.5
03:00:00	397.99	227.55	227.28	457.5	454.83	459.2	24.7	26.5	25.5
04:00:00	395.77	226.12	225.85	454.74	451.96	456.67	24.8	26.5	25.6
05:00:00	399.39	228.45	228.18	459.2	456.63	460.87	24.5	26.3	25.5
06:00:00	395.77	226.12	225.85	454.74	451.96	456.67	24.8	26.5	25.6
07:00:00	392.43	224.53	224.25	450.94	448.77	453.11	24.9	26.6	25.7
08:00:00	397.55	227.38	227.11	456.79	454.49	459	24.7	26.5	25.5
09:00:00	393.34	225.13	224.84	452.08	449.97	454.09	25.1	26.5	25.7
10:00:00	393.33	225.07	224.79	452.23	449.86	453.95	24.9	26.7	25.7
11:00:00	395.29	226.11	225.84	454.49	451.95	456.27	24.8	26.5	25.7
12:00:00	398.3	228.14	227.86	457.83	455.99	459.99	24.5	26.3	25.6
13:00:00	397.99	227.55	227.28	457.5	454.83	459.2	24.7	26.5	25.5
14:00:00	396.99	227.04	226.77	456.32	453.8	458	24.9	26.6	25.5
15:00:00	395.81	226.24	225.97	454.9	452.21	456.71	24.8	26.5	25.5
16:00:00	395.77	226.12	225.85	454.74	451.96	456.67	24.8	26.5	25.6
17:00:00	399.39	228.45	228.18	459.2	456.63	460.87	24.5	26.3	25.5
18:00:00	398.75	228.15	227.87	458.54	456.01	460.08	24.9	26.5	25.6
19:00:00	395.44	226.04	225.77	454.45	451.81	456.3	24.7	26.5	25.6
20:00:00	394.2	225.71	225.43	453.18	451.14	455.1	24.8	26.4	25.7
21:00:00	398.72	228.41	228.13	458.41	456.55	460.58	24.5	26.3	25.7
22:00:00	397.99	227.55	227.28	457.5	454.83	459.2	24.7	26.5	25.5
23:00:00	395.77	226.12	225.85	454.74	451.96	456.67	24.8	26.5	25.6
00:00:00	397.55	227.38	227.11	456.79	454.49	459	24.7	26.5	25.5

Parámetros de voltaje y corriente en el secundario de T4

Hora	Factor de Potencia Total Max	Energía Activa Total	Energía Aparente Total	Potencia Activa Total Max	Potencia Reactiva Total
00:00:00	0.62	1219	3718	7.36	3512.48673
01:00:00	0.62	1209	3727	7.27	3525.45713
02:00:00	0.62	1224	3715	7.37	3507.57024
03:00:00	0.62	1224	3715	7.37	3507.57024
04:00:00	0.63	1225	3711	7.34	3502.98387
05:00:00	0.62	1212	3734	7.27	3531.82842
06:00:00	0.63	1225	3711	7.34	3502.98387
07:00:00	0.63	1229	3699	7.41	3488.86228
08:00:00	0.62	1219	3718	7.36	3512.48673
09:00:00	0.64	1222	3701	7.40	3493.43914
10:00:00	0.63	1233	3696	7.34	3484.2685
11:00:00	0.63	1221	3706	7.29	3499.08488
12:00:00	0.62	1209	3727	7.27	3525.45713
13:00:00	0.62	1224	3715	7.37	3507.57024
14:00:00	0.63	1227	3708	7.37	3499.10489
15:00:00	0.63	1228	3707	7.39	3497.69424
16:00:00	0.63	1225	3711	7.34	3502.98387
17:00:00	0.62	1212	3734	7.27	3531.82842
18:00:00	0.63	1226	3718	7.31	3510.04957
19:00:00	0.62	1220	3709	7.27	3502.6106
20:00:00	0.63	1223	3712	7.33	3504.74179
21:00:00	0.62	1229	3699	7.29	3488.86228
22:00:00	0.62	1224	3715	7.37	3507.57024
23:00:00	0.63	1225	3711	7.34	3502.98387
00:00:00	0.62	1219	3718	7.36	3512.48673

Parámetros de Consumo, demanda y Fp de T4

Hora	Vrms ph-n AN Max	Vrms ph-n BN Max	Vrms ph-n CN Max	Vrms ph-ph AB Max	Vrms ph-ph BC Max	Vrms ph-ph CA Max	Corriente A Max	Corriente B Max	Corriente C Max
00:00:00	262.70	265.01	264.10	456.96	459.23	455.29	31.10	31.00	33.70
01:00:00	265.95	268.20	267.41	462.43	464.87	461.00	144.10	144.30	149.60
02:00:00	265.83	268.35	267.10	462.64	464.78	460.39	147.20	147.40	153.10
03:00:00	262.57	264.92	263.90	456.84	458.94	455.06	31.00	31.00	33.40
04:00:00	263.11	265.14	264.31	457.44	459.38	455.93	31.10	31.20	33.70
05:00:00	263.32	265.64	264.69	458.06	460.18	456.34	31.00	31.00	33.60
06:00:00	262.70	265.01	264.10	456.96	459.23	455.29	31.10	31.00	33.70
07:00:00	269.00	271.49	270.43	467.98	470.46	466.13	161.50	164.20	167.20
08:00:00	268.38	270.87	269.95	466.86	469.52	465.20	147.90	149.50	152.80
09:00:00	262.57	264.92	263.90	456.84	458.94	455.06	31.00	31.00	33.40
10:00:00	263.11	265.14	264.31	457.44	459.38	455.93	31.10	31.20	33.70
11:00:00	263.32	265.64	264.69	458.06	460.18	456.34	31.00	31.00	33.60
12:00:00	265.95	268.20	267.41	462.43	464.87	461.00	144.10	144.30	149.60
13:00:00	262.70	265.01	264.10	456.96	459.23	455.29	31.10	31.00	33.70
14:00:00	262.00	264.34	263.40	455.77	458.04	454.08	31.30	31.20	33.70
15:00:00	268.38	270.87	269.95	466.86	469.52	465.20	147.90	149.50	152.80
16:00:00	262.57	264.92	263.90	456.84	458.94	455.06	31.00	31.00	33.40
17:00:00	263.11	265.14	264.31	457.44	459.38	455.93	31.10	31.20	33.70
18:00:00	265.95	268.20	267.41	462.43	464.87	461.00	144.10	144.30	149.60
19:00:00	265.95	268.20	267.41	462.43	464.87	461.00	144.10	144.30	149.60
20:00:00	262.70	265.01	264.10	456.96	459.23	455.29	31.10	31.00	33.70
21:00:00	262.57	264.92	263.90	456.84	458.94	455.06	31.00	31.00	33.40
22:00:00	262.43	264.71	263.92	456.39	458.75	455.03	31.20	31.20	33.60
23:00:00	265.81	268.43	267.25	462.62	465.07	460.52	144.30	147.50	149.80
00:00:00	265.95	267.91	267.29	462.21	464.45	461.00	30.70	30.90	33.30

Parámetros de voltaje y corriente en el secundario de T6

Hora	Factor de Potencia Total Max	Energía Activa Total Max	Energía Aparente Total Max	Potencia Activa Total Max	Energía Activa Total Max
00:00:00	0.78	1266	4140	15.50	96.90
01:00:00	0.76	851	2902	15.50	96.90
02:00:00	0.78	1057	3509	15.50	96.90
03:00:00	0.78	1265	4137	15.46	96.63
04:00:00	0.78	1272	4151	15.56	97.26
05:00:00	0.78	1273	4158	15.42	96.39
06:00:00	0.78	1266	4140	15.50	96.90
07:00:00	0.76	787	2707	15.50	96.90
08:00:00	0.78	1184	3942	15.31	95.71
09:00:00	0.78	1265	4137	15.46	96.63
10:00:00	0.78	1272	4151	15.56	97.26
11:00:00	0.78	1273	4158	15.42	96.39
12:00:00	0.76	851	2902	15.50	96.90
13:00:00	0.78	1266	4140	15.50	96.90
14:00:00	0.77	1269	4138	15.47	96.70
15:00:00	0.78	1184	3942	15.31	95.71
16:00:00	0.78	1265	4137	15.46	96.63
17:00:00	0.78	1272	4151	15.56	97.26
18:00:00	0.76	851	2902	15.50	96.90
19:00:00	0.76	851	2902	15.50	96.90
20:00:00	0.78	1266	4140	15.50	96.90
21:00:00	0.78	1265	4137	15.46	96.63
22:00:00	0.78	1269	4149	15.55	97.19
23:00:00	0.59	1060	3527	15.50	96.90
00:00:00	0.79	249	819	15.48	96.72

Parámetros de Consumo, demanda y Fp de T6

Hora	Vrms ph-n AN Max	Vrms ph-n BN Max	Vrms ph-n CN Max	Vrms ph-ph AB Max	Vrms ph-ph BC Max	Vrms ph-ph CA Max	Corriente A Max	Corriente B Max	Corriente C Max
00:00:00	231.59	405.05	231.14	465.03	467.23	462.73	86.00	106.30	77.70
01:00:00	235.16	411.11	234.88	472.49	474.15	470.03	43.80	45.60	49.20
02:00:00	231.37	405.84	230.95	465.93	467.70	462.33	69.30	90.30	59.90
03:00:00	232.10	406.20	231.57	466.33	467.97	463.67	99.10	103.00	95.80
04:00:00	231.81	405.79	231.90	465.79	468.02	463.42	86.10	106.60	80.30
05:00:00	233.69	408.66	233.62	469.53	471.42	467.30	83.30	102.10	73.60
06:00:00	233.10	407.31	232.62	467.80	469.91	465.72	105.90	104.00	102.60
07:00:00	231.81	405.79	231.90	465.79	468.02	463.42	86.10	106.60	80.30
08:00:00	232.69	406.79	232.26	466.87	468.90	464.95	88.60	110.10	83.80
09:00:00	233.46	408.59	233.15	469.43	471.13	466.61	40.60	45.80	45.30
10:00:00	232.55	407.18	232.15	467.56	469.38	464.67	95.80	100.40	90.40
11:00:00	232.69	406.57	232.25	466.97	468.89	464.93	87.90	107.00	78.00
12:00:00	231.45	405.44	230.89	465.60	467.15	462.34	116.80	116.00	113.10
13:00:00	235.26	411.46	235.02	473.08	474.41	470.28	68.30	68.60	67.80
14:00:00	231.82	405.38	231.42	465.71	467.40	463.23	145.50	145.20	144.90
15:00:00	231.45	405.44	230.89	465.60	467.15	462.34	116.80	116.00	113.10
16:00:00	233.69	408.66	233.62	469.53	471.42	467.30	83.30	102.10	73.60
17:00:00	232.69	406.79	232.26	466.87	468.90	464.95	88.60	110.10	83.80
18:00:00	233.10	407.31	232.62	467.80	469.91	465.72	105.90	104.00	102.60
19:00:00	232.69	406.79	232.26	466.87	468.90	464.95	88.60	110.10	83.80
20:00:00	233.69	408.66	233.62	469.53	471.42	467.30	83.30	102.10	73.60
21:00:00	232.83	407.51	232.53	468.03	470.02	465.36	41.20	45.70	45.10
22:00:00	230.71	403.84	230.20	463.79	465.48	460.90	85.00	105.20	75.20
23:00:00	231.59	405.05	231.14	465.03	467.23	462.73	86.00	106.30	77.70
00:00:00	231.59	405.05	231.14	465.03	467.23	462.73	86.00	106.30	77.70

Parámetros de voltaje y corriente en el secundario de T7

Hora	Factor de Potencia Total Max	Energía Activa Total	Energía Aparente Total	Potencia Activa Total Max	Energía Reactiva Total
00:00:00	0.72	8,542.00	10,586.00	61.67	6252.80993
01:00:00	0.92	5,052.00	6,094.00	34.72	3407.95129
02:00:00	0.65	5,999.00	7,521.00	48.55	4536.23633
03:00:00	0.71	8,362.00	10,348.00	66.46	6095.74114
04:00:00	0.72	8,599.00	10,610.00	62.45	6215.2473
05:00:00	0.71	4,490.00	5,476.00	60.07	3134.72104
06:00:00	0.71	8,541.00	10,516.00	69.55	6134.94703
07:00:00	0.72	8,599.00	10,610.00	62.45	6215.2473
08:00:00	0.71	8,515.00	10,484.00	64.28	6116.29226
09:00:00	0.92	5,068.00	6,165.00	33.04	3510.35625
10:00:00	0.68	7,543.00	9,339.00	62.87	5506.3665
11:00:00	0.72	8,743.00	10,714.00	62.98	6192.71725
12:00:00	0.72	8,709.00	10,809.00	77.61	6402.17151
13:00:00	0.89	5,022.00	6,070.00	51.23	3409.45978
14:00:00	0.69	7,434.00	9,166.00	99.83	5362.01455
15:00:00	0.72	8,709.00	10,809.00	77.61	6402.17151
16:00:00	0.71	4,490.00	5,476.00	60.07	3134.72104
17:00:00	0.71	8,515.00	10,484.00	64.28	6116.29226
18:00:00	0.71	8,541.00	10,516.00	69.55	6134.94703
19:00:00	0.71	8,515.00	10,484.00	64.28	6116.29226
20:00:00	0.71	4,490.00	5,476.00	60.07	3134.72104
21:00:00	0.91	5,020.00	6,121.00	32.74	3502.31937
22:00:00	0.71	8,201.00	10,179.00	60.33	6029.56383
23:00:00	0.72	8,542.00	10,586.00	61.67	6252.80993
00:00:00	0.72	8,542.00	10,586.00	61.67	6252.80993

Parámetros de Consumo, demanda y Fp de T7

Hora	Vrms ph-n AN Max	Vrms ph-n BN Max	Vrms ph-n CN Max	Vrms ph-ph AB Max	Vrms ph-ph BC Max	Vrms ph-ph CA Max	Corriente A Max	Corriente B Max	Corriente C Max
00:00:00	117.20	117.54	205.21	234.73	236.82	236.03	22.20	23.80	24.40
01:00:00	117.20	117.54	205.21	234.73	236.82	236.03	22.20	23.80	24.40
02:00:00	117.75	118.07	206.15	235.82	237.94	236.94	22.40	24.30	24.70
03:00:00	117.26	117.59	205.42	234.85	237.04	236.11	22.10	23.80	24.50
04:00:00	117.26	117.59	205.42	234.85	237.04	236.11	22.10	23.80	24.50
05:00:00	117.26	117.59	205.42	234.85	237.04	236.11	22.10	23.80	24.50
06:00:00	117.26	117.59	205.42	234.85	237.04	236.11	22.10	23.80	24.50
07:00:00	117.53	117.85	205.68	235.37	237.49	236.38	22.20	24.10	24.50
08:00:00	117.75	118.07	206.15	235.82	237.94	236.94	22.40	24.30	24.70
09:00:00	117.75	118.07	206.15	235.82	237.94	236.94	22.40	24.30	24.70
10:00:00	117.75	118.07	206.15	235.82	237.94	236.94	22.40	24.30	24.70
11:00:00	117.50	117.84	205.79	235.34	237.61	236.44	22.20	24.10	24.50
12:00:00	119.59	119.61	208.83	239.21	241.24	240.07	22.20	23.80	24.70
13:00:00	117.53	117.85	205.68	235.37	237.49	236.38	22.20	24.10	24.50
14:00:00	117.53	117.85	205.68	235.37	237.49	236.38	22.20	24.10	24.50
15:00:00	117.75	118.07	206.15	235.82	237.94	236.94	22.40	24.30	24.70
16:00:00	117.75	118.07	206.15	235.82	237.94	236.94	22.40	24.30	24.70
17:00:00	117.75	118.07	206.15	235.82	237.94	236.94	22.40	24.30	24.70
18:00:00	118.38	118.55	206.81	236.77	238.92	237.69	27.70	29.30	20.90
19:00:00	117.94	117.96	206.25	235.90	238.25	236.95	22.00	23.70	25.20
20:00:00	117.75	118.07	206.15	235.82	237.94	236.94	22.40	24.30	24.70
21:00:00	117.75	118.07	206.15	235.82	237.94	236.94	22.40	24.30	24.70
22:00:00	118.41	118.97	207.64	237.38	239.60	238.53	22.80	24.80	25.20
23:00:00	118.41	118.97	207.64	237.38	239.60	238.53	22.80	24.80	25.20
00:00:00	117.20	117.54	205.21	234.73	236.82	236.03	22.20	23.80	24.40

Parámetros de voltaje y corriente en el secundario de T8

Hora	Factor de Potencia Total Max	Energía Activa Total	Energía Aparente Total	Potencia Activa Total Max	Energía Reactiva Total
00:00:00	0.16	277.00	1,763.00	1.81	1741.1031
01:00:00	0.16	277.00	1,763.00	1.81	1741.1031
02:00:00	0.16	282.00	1,792.00	1.80	1769.67229
03:00:00	0.19	302.00	1,759.00	1.99	1732.88113
04:00:00	0.19	302.00	1,759.00	1.99	1732.88113
05:00:00	0.19	302.00	1,759.00	1.99	1732.88113
06:00:00	0.19	302.00	1,759.00	1.99	1732.88113
07:00:00	0.17	283.00	1,764.00	1.89	1741.15106
08:00:00	0.16	282.00	1,792.00	1.80	1769.67229
09:00:00	0.16	282.00	1,792.00	1.80	1769.67229
10:00:00	0.16	282.00	1,792.00	1.80	1769.67229
11:00:00	0.17	278.00	1,757.00	1.83	1734.86743
12:00:00	0.68	314.00	1,752.00	1.99	1723.63221
13:00:00	0.17	283.00	1,764.00	1.89	1741.15106
14:00:00	0.17	283.00	1,764.00	1.89	1741.15106
15:00:00	0.16	282.00	1,792.00	1.80	1769.67229
16:00:00	0.16	282.00	1,792.00	1.80	1769.67229
17:00:00	0.16	282.00	1,792.00	1.80	1769.67229
18:00:00	0.48	448.00	1,929.00	1.78	1876.25611
19:00:00	0.58	283.00	1,757.00	1.80	1734.05882
20:00:00	0.16	282.00	1,792.00	1.80	1769.67229
21:00:00	0.16	282.00	1,792.00	1.80	1769.67229
22:00:00	0.16	278.00	1,784.00	1.87	1762.20657
23:00:00	0.16	278.00	1,784.00	1.87	1762.20657
00:00:00	0.16	277.00	1,763.00	1.81	1741.1031

Parámetros de Consumo, demanda y Fp de T8

Hora	Vrms ph-n AN Max	Vrms ph-n BN Max	Vrms ph-n CN Max	Vrms ph-ph AB Max	Vrms ph-ph BC Max	Vrms ph-ph CA Max	Corriente A Max	Corriente B Max	Corriente C Max
01:00:00	233.70	233.94	409.18	467.64	469.77	472.38	123.6	116.5	118.7
02:00:00	234.79	235.00	411.07	469.79	471.64	474.85	99.4	106.7	99.1
03:00:00	233.90	234.23	409.77	468.12	470.37	473.09	104.7	105.2	102.9
04:00:00	233.90	234.23	409.77	468.12	470.37	473.09	104.7	105.2	102.9
05:00:00	233.90	234.23	409.77	468.12	470.37	473.09	104.7	105.2	102.9
06:00:00	233.70	233.94	409.18	467.64	469.77	472.38	123.6	116.5	118.7
07:00:00	234.94	235.20	410.99	470.14	471.53	474.97	111.2	116.2	110.4
08:00:00	233.01	233.68	408.26	466.68	468.44	471.09	164.8	160.3	165.4
09:00:00	234.79	235.00	411.07	469.79	471.64	474.85	99.4	106.7	99.1
10:00:00	230.30	230.97	403.76	461.26	463.45	465.64	171.8	168.5	177.2
11:00:00	232.80	233.43	408.24	466.23	468.48	470.80	168.2	166	171.1
12:00:00	234.79	235.00	411.07	469.79	471.64	474.85	99.4	106.7	99.1
13:00:00	233.01	233.68	408.26	466.68	468.44	471.09	164.8	160.3	165.4
14:00:00	234.79	235.00	411.07	469.79	471.64	474.85	99.4	106.7	99.1
15:00:00	230.30	230.97	403.76	461.26	463.45	465.64	171.8	168.5	177.2
16:00:00	232.80	233.43	408.24	466.23	468.48	470.80	168.2	166	171.1
17:00:00	233.90	234.23	409.77	468.12	470.37	473.09	104.7	105.2	102.9
18:00:00	233.90	234.23	409.77	468.12	470.37	473.09	104.7	105.2	102.9
19:00:00	234.67	234.86	410.87	469.53	471.39	474.62	101.1	105.4	103
20:00:00	233.90	234.23	409.77	468.12	470.37	473.09	104.7	105.2	102.9
21:00:00	233.90	234.23	409.77	468.12	470.37	473.09	104.7	105.2	102.9
22:00:00	234.79	235.00	411.07	469.79	471.64	474.85	99.4	106.7	99.1
23:00:00	234.79	235.00	411.07	469.79	471.64	474.85	99.4	106.7	99.1
00:00:00	233.60	234.00	409.48	467.58	470.12	472.61	97.42	96.96	95.7

Parámetros de voltaje y corriente en el secundario de T10

Hora	Factor de Potencia	Energía Activa Total	Energía Aparente Total	Potencia Activa Total	Potencia Reactiva Total
01:00:00	0.85	9,507.00	11,442.00	93.61	6366.81357
02:00:00	0.88	9,262.00	11,030.00	83.26	5989.67912
03:00:00	0.88	10,361.00	12,094.00	85.31	6238.14997
04:00:00	0.88	10,361.00	12,094.00	85.31	6238.14997
05:00:00	0.88	10,361.00	12,094.00	85.31	6238.14997
06:00:00	0.85	9,507.00	11,442.00	93.61	6366.81357
07:00:00	0.87	10,306.00	12,285.00	91.98	6686.37338
08:00:00	0.85	18,055.00	21,242.00	128.80	11191.0473
09:00:00	0.88	9,262.00	11,030.00	83.26	5989.67912
10:00:00	0.86	18,573.00	21,810.00	134.53	11433.2747
11:00:00	0.85	18,246.00	21,489.00	131.75	11351.6785
12:00:00	0.88	9,262.00	11,030.00	83.26	5989.67912
13:00:00	0.85	18,055.00	21,242.00	128.80	11191.0473
14:00:00	0.88	9,262.00	11,030.00	83.26	5989.67912
15:00:00	0.86	18,573.00	21,810.00	134.53	11433.2747
16:00:00	0.85	18,246.00	21,489.00	131.75	11351.6785
17:00:00	0.88	10,361.00	12,094.00	85.31	6238.14997
18:00:00	0.88	10,361.00	12,094.00	85.31	6238.14997
19:00:00	0.85	8,953.00	10,752.00	81.85	5953.93105
20:00:00	0.88	10,361.00	12,094.00	85.31	6238.14997
21:00:00	0.88	10,361.00	12,094.00	85.31	6238.14997
22:00:00	0.88	9,262.00	11,030.00	83.26	5989.67912
23:00:00	0.88	9,262.00	11,030.00	83.26	5989.67912
00:00:00	0.88	10,716.20	12,230.80	79.20	5895.38177

Parámetros de Consumo, demanda y Fp de T10

Hora	Vrms ph-n AN Max	Vrms ph-n BN Max	Vrms ph-n CN Max	Vrms ph-ph AB Max	Vrms ph-ph BC Max	Vrms ph-ph CA Max	Corriente A Max	Corriente B Max	Corriente C Max
00:00:00	208.16	117.34	117.48	240.49	234.82	237.33	79.30	82.20	0.30
01:00:00	206.55	117.34	117.48	249.44	234.51	238.41	93.41	88.64	0.30
02:00:00	207.33	117.34	117.48	244.87	234.67	238.59	86.20	85.35	0.30
03:00:00	208.16	117.34	117.48	249.88	234.50	238.77	94.10	88.96	0.30
04:00:00	208.16	117.34	117.48	252.51	234.41	237.33	98.24	90.85	0.30
05:00:00	208.16	117.34	117.48	255.14	234.32	237.33	102.38	92.74	0.30
06:00:00	208.76	117.55	117.91	241.04	235.43	238.07	135.00	143.80	0.30
07:00:00	206.45	116.44	116.68	238.33	232.99	235.55	82.80	91.60	0.40
08:00:00	209.20	117.83	118.24	241.61	235.92	238.48	138.00	150.20	0.30
09:00:00	208.64	117.43	117.54	240.80	234.92	237.83	91.30	95.00	0.30
10:00:00	211.45	119.81	120.11	244.56	239.75	241.35	74.94	87.36	0.20
11:00:00	209.20	117.83	118.24	241.61	235.92	238.48	138.00	150.20	0.30
12:00:00	208.64	117.43	117.54	240.80	234.92	237.83	91.30	95.00	0.30
13:00:00	206.45	116.44	116.68	238.33	232.99	235.55	82.80	91.60	0.40
14:00:00	206.37	115.76	116.24	238.21	231.99	235.25	152.80	162.30	0.40
15:00:00	207.53	116.84	117.16	239.72	233.95	236.71	92.40	111.80	0.30
16:00:00	206.45	116.44	116.68	238.33	232.99	235.55	82.80	91.60	0.40
17:00:00	208.76	117.55	117.91	241.04	235.43	238.07	135.00	143.80	0.30
18:00:00	206.86	116.15	116.31	238.78	232.38	235.58	107.90	111.50	0.30
19:00:00	209.20	117.83	118.24	241.61	235.92	238.48	138.00	150.20	0.30
20:00:00	208.16	117.34	117.48	247.79	234.57	237.33	90.80	87.45	0.30
21:00:00	208.16	117.34	117.48	246.33	234.62	237.33	88.50	86.40	0.30
22:00:00	208.16	117.34	117.48	250.32	234.48	237.33	94.79	89.27	0.30
23:00:00	208.16	117.34	117.48	252.95	234.39	237.33	98.93	96.30	0.30
00:00:00	208.16	117.34	117.48	240.49	234.82	237.33	79.30	82.20	0.30

Parámetros de voltaje y corriente en el secundario de T11.1

Hora	Factor de Potencia Total Max	Energía Activa Total Max	Energía Aparente Total Max	Potencia Activa Total Max
00:00:00	0.45	1,706.00	4,789.00	13.35
01:00:00	0.44	1,777.00	4,458.82	14.73
02:00:00	0.52	1,749.61	4,932.00	14.03
03:00:00	0.56	1,775.75	4,379.00	14.84
04:00:00	0.45	1,706.00	4,480.37	15.26
05:00:00	0.45	1,706.00	4,351.09	15.67
06:00:00	0.51	1,700.00	4,789.00	28.85
07:00:00	0.49	1,653.00	4,082.00	16.54
08:00:00	0.47	1,802.00	4,932.00	27.34
09:00:00	0.43	1,776.00	4,379.00	15.62
10:00:00	0.42	1,116.60	4,064.80	13.88
11:00:00	0.47	1,802.00	4,932.00	27.34
12:00:00	0.43	1,776.00	4,379.00	15.62
13:00:00	0.49	1,653.00	4,082.00	16.54
14:00:00	0.53	2,123.00	5,278.00	32.79
15:00:00	0.47	1,822.00	4,510.00	18.30
16:00:00	0.49	1,653.00	4,082.00	16.54
17:00:00	0.51	1,700.00	4,789.00	28.85
18:00:00	0.47	1,977.00	5,117.00	20.86
19:00:00	0.47	1,802.00	5,291.00	27.34
20:00:00	0.45	1,706.00	4,264.00	14.51
21:00:00	0.45	1,706.00	4,264.00	14.27
22:00:00	0.42	1,753.96	4,510.00	14.91
23:00:00	0.45	1,780.11	4,264.00	15.92
00:00:00	0.45	1,706.00	4,264.00	13.35

Parámetros de Consumo, demanda y Fp de T11.1

Hora	Vrms ph-n AN Max	Vrms ph-n BN Max	Vrms ph-ph AB Max	Corriente A Max	Corriente B Max
00:00:00	117.36	117.21	234.58	33.5	34.0
01:00:00	115.70	115.51	231.14	32.8	34.8
02:00:00	113.88	113.43	226.87	35.4	38.9
03:00:00	113.23	112.74	225.79	30.4	36.5
04:00:00	112.22	111.70	223.90	32.8	35.2
05:00:00	115.48	116.40	231.72	34.4	29
06:00:00	114.91	115.49	230.17	32.7	28.4
07:00:00	114.43	115.15	229.27	37.1	29.8
08:00:00	114.03	114.87	228.68	44.6	31.6
09:00:00	113.75	114.74	228.10	40.7	29.4
10:00:00	114.16	114.70	228.44	39.7	40.8
11:00:00	112.78	112.66	225.16	32.4	35
12:00:00	115.66	115.51	231.14	29.9	32.1
13:00:00	114.71	115.29	229.47	37.5	31.5
14:00:00	114.73	115.41	229.81	43.5	33.4
15:00:00	113.67	113.75	227.19	30.1	33.2
16:00:00	112.85	112.63	225.26	31	35.4
17:00:00	114.98	115.82	230.65	33.5	28.9
18:00:00	116.53	116.36	232.86	33.1	34.4
19:00:00	117.36	117.21	234.58	33.5	34.0
20:00:00	115.70	115.51	231.14	32.8	34.8
21:00:00	115.66	115.51	231.14	29.9	32.1
22:00:00	112.78	112.66	225.16	32.4	35.0
23:00:00	113.67	113.75	227.19	30.1	33.2
00:00:00	117.36	117.21	234.58	33.5	34.0

Parámetros de voltaje y corriente en el secundario de T11.2

Hora	Factor de Potencia Total Max	Energía Activa Total Max	Energía Aparente Total Max	Potencia Activa Total Max
00:00:00	0.53	543.65	1,023.83	4.18
01:00:00	0.51	532.60	1,046.37	3.97
02:00:00	0.50	575.33	1,150.65	4.22
03:00:00	0.43	494.07	1,148.99	3.25
04:00:00	0.45	533.07	1,184.60	3.43
05:00:00	0.48	559.07	1,164.74	3.53
06:00:00	0.45	531.45	1,180.99	3.17
07:00:00	0.50	602.96	1,205.91	3.84
08:00:00	0.48	724.85	1,510.10	4.18
09:00:00	0.47	661.46	1,407.37	3.76
10:00:00	0.45	645.21	1,433.80	4.15
11:00:00	0.47	526.57	1,120.36	3.57
12:00:00	0.48	485.94	1,012.38	3.44
13:00:00	0.46	609.46	1,324.91	3.65
14:00:00	0.53	706.97	1,333.90	4.69
15:00:00	0.48	489.19	1,019.15	3.46
16:00:00	0.47	503.82	1,071.95	3.52
17:00:00	0.43	544.45	1,266.16	3.10
18:00:00	0.52	538.13	1,034.86	4.07
19:00:00	0.53	543.65	1,023.83	4.18
20:00:00	0.51	532.60	1,046.37	3.97
21:00:00	0.48	485.94	1,012.38	3.44
22:00:00	0.47	526.57	1,120.36	3.57
23:00:00	0.48	489.19	1,019.15	3.46
00:00:00	0.53	543.65	1,023.83	4.18

Parámetros de Consumo, demanda y Fp de T11.2

Hora	Vrms ph-n AN Max	Vrms ph-n BN Max	Vrms ph-n CN Max	Vrms ph-ph AB Max	Vrms ph-ph BC Max	Vrms ph-ph CA Max	Corriente A Max	Corriente B Max	Corriente C Max
00:00:00	112.34	202.43	112.94	233.44	229.11	224.80	32.00	15.30	19.30
01:00:00	112.51	202.72	112.97	233.18	229.16	224.84	38.00	19.70	40.00
02:00:00	113.46	203.06	114.30	234.41	230.81	227.76	34.70	17.10	23.30
03:00:00	112.52	201.73	113.19	232.62	228.88	225.53	33.43	19.50	28.63
04:00:00	115.28	206.08	116.00	237.36	234.59	230.97	32.60	15.70	19.30
05:00:00	113.33	203.10	114.07	233.80	230.47	226.93	36.80	19.60	26.30
06:00:00	112.39	202.26	112.68	232.78	229.03	224.72	25.30	17.20	23.80
07:00:00	113.51	202.56	114.00	232.98	229.85	226.88	27.00	24.20	31.40
08:00:00	115.28	206.08	116.00	237.36	234.59	230.97	32.60	15.70	19.30
09:00:00	112.85	202.18	113.66	233.27	229.53	226.13	35.30	22.10	31.90
10:00:00	112.26	201.63	112.94	232.39	228.65	224.69	30.30	16.00	19.60
11:00:00	111.97	202.28	113.44	233.13	229.40	225.10	30.90	15.70	22.90
12:00:00	113.33	203.10	114.07	233.80	230.47	226.93	36.80	19.60	26.30
13:00:00	113.89	204.36	114.75	235.66	232.14	228.55	33.20	17.30	20.50
14:00:00	112.39	202.26	112.68	232.78	229.03	224.72	25.30	17.20	23.80
15:00:00	113.51	202.56	114.00	232.98	229.85	226.88	27.00	24.20	31.40
16:00:00	115.28	206.08	116.00	237.36	234.59	230.97	32.60	15.70	19.30
17:00:00	112.05	202.27	112.91	232.88	229.07	224.62	32.50	16.00	26.50
18:00:00	113.47	202.58	114.07	233.91	230.31	227.39	27.70	22.20	24.80
19:00:00	112.24	201.46	112.91	232.21	228.44	224.99	34.63	18.50	29.18
20:00:00	113.89	204.36	114.75	235.66	232.14	228.55	33.20	17.30	20.50
21:00:00	112.51	202.72	112.97	233.18	229.16	224.84	38.00	19.70	40.00
22:00:00	111.97	202.28	113.44	233.13	229.40	225.10	30.90	15.70	22.90
23:00:00	113.89	204.36	114.75	235.66	232.14	228.55	33.20	17.30	20.50
00:00:00	112.05	202.27	112.91	232.88	229.07	224.62	32.50	16.00	26.50

Parámetros de voltaje y corriente en el secundario de T11.3

Hora	Factor de Potencia Total Max	Energía Activa Total Max	Energía Aparente Total Max	Potencia Activa Total Max
00:00:00	0.47	5,278.33	11,230.49	4.17
01:00:00	0.49	6,268.02	12,791.87	6.27
02:00:00	0.53	5,723.69	10,799.41	5.34
03:00:00	0.45	5,514.76	12,255.01	4.92
04:00:00	0.53	5,377.30	10,145.85	4.89
05:00:00	0.53	6,070.08	11,452.98	5.91
06:00:00	0.47	4,173.18	8,879.11	4.23
07:00:00	0.48	4,453.59	9,278.32	5.54
08:00:00	0.53	5,377.30	10,145.85	4.89
09:00:00	0.45	5,822.66	12,939.24	5.43
10:00:00	0.50	4,997.92	9,995.84	4.42
11:00:00	0.45	5,096.89	11,326.42	4.16
12:00:00	0.53	6,070.08	11,452.98	5.91
13:00:00	0.48	5,476.27	11,408.89	4.64
14:00:00	0.47	4,173.18	8,879.11	4.23
15:00:00	0.48	4,453.59	9,278.32	5.54
16:00:00	0.53	5,377.30	10,145.85	4.89
17:00:00	0.48	5,360.80	11,168.34	4.74
18:00:00	0.49	4,569.05	9,324.60	5.13
19:00:00	0.44	5,712.69	12,983.39	4.80
20:00:00	0.48	5,476.27	11,408.89	4.64
21:00:00	0.49	6,268.02	12,791.87	6.27
22:00:00	0.45	5,096.89	11,326.42	4.16
23:00:00	0.48	5,476.27	11,408.89	4.64
00:00:00	0.48	5,360.80	11,168.34	4.74

Parámetros de Consumo, demanda y Fp de T11.3

Hora	Potencia Activa	Potencia Reactiva	Potencia Aparente	Demanda maxima	Factor de Potencia
00:00:00	7527.98	15255.17	17011.49	21.692	0.44
01:00:00	8577.62	16141.06	18278.66	24.966	0.47
02:00:00	8048.62	14765.61	16816.76	23.586	0.48
03:00:00	7784.57	15984.21	17779.05	23.010	0.44
04:00:00	7616.37	13804.40	15766.12	23.575	0.48
05:00:00	8335.15	14736.58	16930.49	25.111	0.49
06:00:00	6404.63	13369.06	14824.00	36.252	0.43
07:00:00	6709.55	12916.26	14554.99	25.923	0.46
08:00:00	7904.15	14519.43	16531.47	36.413	0.48
09:00:00	8260.12	16800.03	18720.86	24.812	0.44
10:00:00	6759.73	13845.50	15407.53	22.446	0.44
11:00:00	7425.46	15694.74	17362.67	35.062	0.43
12:00:00	8332.02	14602.91	16812.72	24.966	0.50
13:00:00	7738.72	14917.40	16805.26	24.833	0.46
14:00:00	7003.15	13800.64	15475.84	41.710	0.45
15:00:00	6764.78	13159.22	14796.19	27.299	0.46
16:00:00	7534.12	13282.16	15270.19	24.953	0.49
17:00:00	7605.25	15417.87	17191.58	36.686	0.44
18:00:00	7084.18	13732.06	15451.71	30.057	0.46
19:00:00	8058.35	17501.31	19267.40	36.318	0.42
20:00:00	7714.87	14817.19	16705.34	23.112	0.46
21:00:00	8459.96	15946.93	18052.02	23.980	0.47
22:00:00	7377.42	15258.68	16948.56	22.634	0.44
23:00:00	7745.57	14777.38	16684.26	24.019	0.46
00:00:00	7610.46	14573.04	16440.58	22.260	0.46

Parámetros de Consumo, demanda y Fp equivalentes de T11

Hora	Vrms ph-n AN Max	Vrms ph-n BN Max	Vrms ph-n CN Max	Vrms ph-ph AB Max	Vrms ph-ph BC Max	Vrms ph-ph CA Max	Corriente A Max	Corriente B Max	Corriente C Max
00:00:00	237.33	237.26	414.59	474.59	476.85	478.34	29.5	20	29.1
01:00:00	238.79	238.64	417.22	477.44	479.77	481.41	36.7	36.6	38.1
02:00:00	239.56	239.40	418.33	478.96	481.26	482.71	29.9	20.2	29.7
03:00:00	240.10	239.94	419.28	480.04	482.30	483.91	29.9	20.2	29.5
04:00:00	237.33	237.26	414.59	474.59	476.85	478.34	29.5	20	29.1
05:00:00	237.33	237.26	414.59	474.59	476.85	478.34	29.5	20	29.1
06:00:00	238.81	238.64	416.99	477.45	479.66	481.30	49.6	51.2	51
07:00:00	239.23	239.07	417.46	478.29	480.18	482.09	46.5	48.4	48.4
08:00:00	240.10	239.94	419.28	480.04	482.30	483.91	29.9	20.2	29.5
09:00:00	238.06	238.02	416.29	476.08	478.70	480.43	43.3	45	44.6
10:00:00	239.56	239.40	418.33	478.96	481.26	482.71	29.9	20.2	29.7
11:00:00	239.59	239.42	418.35	479.01	481.24	482.79	36.8	36.7	38.4
12:00:00	240.58	240.39	419.69	480.97	482.91	484.41	20.7	20.2	21.4
13:00:00	238.06	238.02	416.29	476.08	478.70	480.43	43.3	45	44.6
14:00:00	239.56	239.40	418.33	478.96	481.26	482.71	29.9	20.2	29.7
15:00:00	239.59	239.42	418.35	479.01	481.24	482.79	36.8	36.7	38.4
16:00:00	240.58	240.39	419.69	480.97	482.91	484.41	20.7	20.2	21.4
17:00:00	238.06	238.02	416.29	476.08	478.70	480.43	43.3	45	44.6
18:00:00	239.56	239.40	418.33	478.96	481.26	482.71	29.9	20.2	29.7
19:00:00	239.59	239.42	418.35	479.01	481.24	482.79	36.8	36.7	38.4
20:00:00	239.07	238.91	417.68	477.98	480.42	481.94	29.7	20	29.3
21:00:00	237.33	237.16	414.37	474.48	476.49	478.42	34.1	36.9	37.6
22:00:00	237.33	237.26	414.59	474.59	476.85	478.34	29.5	20	29.1
23:00:00	237.12	236.95	414.06	474.07	475.96	478.07	23.1	12.7	21.6
00:00:00	237.33	237.26	414.59	474.59	476.85	478.34	29.5	20	29.1

Parámetros de voltaje y corriente en el secundario de T13

Hora	Factor de Potencia Total	Energía Activa Total	Energía Aparente Total	Demanda de potencia Activa	Energía Reactiva Total
00:00:00	0.59	1,129.00	2,121.00	15.16	1795.6
01:00:00	0.58	1,072.00	2,093.00	24.40	1797.6
02:00:00	0.58	1,239.00	2,395.00	15.49	2049.6
03:00:00	0.58	1,101.00	2,195.00	15.46	1898.9
04:00:00	0.59	1,129.00	2,121.00	15.16	1795.6
05:00:00	0.59	1,129.00	2,121.00	15.16	1795.6
06:00:00	0.63	1,037.00	1,926.00	33.19	1623.0
07:00:00	0.64	1,217.00	2,198.00	31.47	1830.3
08:00:00	0.58	1,101.00	2,195.00	15.46	1898.9
09:00:00	0.59	1,162.00	2,125.00	29.30	1779.2
10:00:00	0.58	1,239.00	2,395.00	15.49	2049.6
11:00:00	0.58	1,209.00	2,322.00	20.20	1982.4
12:00:00	0.57	1,426.00	2,642.00	11.15	2224.1
13:00:00	0.59	1,162.00	2,125.00	29.30	1779.2
14:00:00	0.58	1,239.00	2,395.00	15.49	2049.6
15:00:00	0.58	1,209.00	2,322.00	20.20	1982.4
16:00:00	0.57	1,426.00	2,642.00	11.15	2224.1
17:00:00	0.59	1,162.00	2,125.00	29.30	1779.2
18:00:00	0.58	1,239.00	2,395.00	15.49	2049.6
19:00:00	0.58	1,209.00	2,322.00	20.20	1982.4
20:00:00	0.59	933.00	1,869.00	15.51	1619.5
21:00:00	0.59	1,050.00	2,064.00	22.23	1777.0
22:00:00	0.59	1,129.00	2,121.00	15.16	1795.6
23:00:00	0.55	965.00	1,947.00	10.39	1691.0
00:00:00	0.59	1,129.00	2,121.00	15.16	1795.6

Parámetros de Consumo, demanda y Fp de T13

Hora	Vrms ph-n AN Max	Vrms ph-n BN Max	Vrms ph-n CN Max	Vrms ph-ph AB Max	Vrms ph-ph BC Max	Vrms ph-ph CA Max	Corriente A Max	Corriente B Max	Corriente C Max
00:00:00	281.77	280.33	279.01	487.95	483.23	485.69	463.10	438.70	433.70
01:00:00	276.19	274.20	273.28	477.77	472.75	476.15	535.50	505.00	506.60
02:00:00	276.19	274.20	273.28	477.77	472.75	476.15	535.50	505.00	506.60
03:00:00	278.08	276.59	275.35	481.49	476.82	479.35	509.00	483.50	479.00
04:00:00	275.53	273.63	272.69	476.70	471.76	475.04	647.52	620.84	620.23
05:00:00	277.34	275.47	274.30	479.95	474.73	477.92	516.20	492.90	488.80
06:00:00	277.88	276.03	274.97	480.77	475.81	479.07	403.40	382.20	376.20
07:00:00	276.59	275.14	274.05	478.80	474.47	476.99	453.50	426.80	425.70
08:00:00	276.19	274.20	273.28	477.77	472.75	476.15	535.50	505.00	506.60
09:00:00	279.92	278.38	277.24	484.58	479.99	482.64	656.70	636.70	627.50
10:00:00	279.92	278.38	277.24	484.58	479.99	482.64	656.70	636.70	627.50
11:00:00	277.25	275.43	274.42	479.80	474.82	478.07	531.50	512.00	503.00
12:00:00	277.80	275.83	274.76	480.62	475.41	478.80	550.00	525.00	516.70
13:00:00	277.85	276.20	275.11	480.90	476.21	479.03	680.40	656.00	646.90
14:00:00	277.44	275.48	274.52	479.84	474.94	478.35	494.90	472.50	463.70
15:00:00	277.26	275.51	274.37	479.88	474.93	477.89	510.40	482.20	475.30
16:00:00	279.92	278.38	277.24	484.58	479.99	482.64	656.70	636.70	627.50
17:00:00	277.44	275.48	274.52	479.84	474.94	478.35	494.90	472.50	463.70
18:00:00	277.26	275.51	274.37	479.88	474.93	477.89	510.40	482.20	475.30
19:00:00	279.92	278.38	277.24	484.58	479.99	482.64	656.70	636.70	627.50
20:00:00	277.44	275.48	274.52	479.84	474.94	478.35	494.90	472.50	463.70
21:00:00	277.26	275.51	274.37	479.88	474.93	477.89	510.40	482.20	475.30
22:00:00	279.92	278.38	277.24	484.58	479.99	482.64	656.70	636.70	627.50
23:00:00	281.77	280.33	279.01	487.95	483.23	485.69	463.10	438.70	433.70
00:00:00	281.77	280.33	279.01	487.95	483.23	485.69	463.10	438.70	433.70

Parámetros de voltaje y corriente en el secundario de T15

Hora	Factor de Potencia Total Max	Energía Activa Total	Energía Aparente Total	Potencia Activa Total	Energía Reactiva Total
00:00:00	0.91	50,405.00	53,084.00	356.39	16650.74
01:00:00	0.89	61,316.00	65,379.00	402.16	22688.36
02:00:00	0.89	61,316.00	65,379.00	402.16	22688.36
03:00:00	0.90	52,294.00	55,590.00	386.48	18856.98
04:00:00	0.90	59,567.04	64,101.64	494.48	23680.98
05:00:00	0.92	54,859.00	57,531.00	397.64	17329.34
06:00:00	0.91	45,423.00	47,508.00	308.38	13919.81
07:00:00	0.90	51,386.00	56,313.00	342.08	23035.47
08:00:00	0.89	61,316.00	65,379.00	402.16	22688.36
09:00:00	0.91	53,938.00	56,831.00	508.75	17901.25
10:00:00	0.91	53,938.00	56,831.00	508.75	17901.25
11:00:00	0.90	38,348.00	53,357.00	409.25	37099.87
12:00:00	0.92	52,672.00	55,139.00	422.21	16308.58
13:00:00	0.91	58,018.00	61,632.00	523.19	20794.59
14:00:00	0.91	52,803.00	56,313.00	377.59	19570.31
15:00:00	0.89	58,673.00	62,486.00	380.91	21493.70
16:00:00	0.91	53,938.00	56,831.00	508.75	17901.25
17:00:00	0.91	52,803.00	56,313.00	377.59	19570.31
18:00:00	0.89	58,673.00	62,486.00	380.91	21493.70
19:00:00	0.91	53,938.00	56,831.00	508.75	17901.25
20:00:00	0.91	52,803.00	56,313.00	377.59	19570.31
21:00:00	0.89	58,673.00	62,486.00	380.91	21493.70
22:00:00	0.91	53,938.00	56,831.00	508.75	17901.25
23:00:00	0.91	50,405.00	53,084.00	356.39	16650.74
00:00:00	0.91	50,405.00	53,084.00	356.39	16650.74

Parámetros de Consumo, demanda y Fp de T15

DISNORTE - DISSUR

NIS: 2032803

DISNORTE-DISSUR

**NUEVO CARNIC NUEVO CARNIC, NUEVO CARNIC SOCIEDAD A
S.R.L., CASA # 47**

DUPL.

Distribuidora de Electricidad del Sur, S.A. J031000003790

**DISTR. En mano
1220.40.0110.0063**

**RUC: J0310000000646
MED. 17902619IT**

OFICINA COMERCIAL Norte		REFERENCIA DE COBRO SV 2032803299	MES DE FACTURA FEBRERO	DIAS FACTURADOS 28	FECHA DE EMISION 25/02/2023	FECHA DE VENCIMIENTO 17/03/2023
DIRECCION DEL SUMINISTRO EL RODEO - MD, EL RODEO - MD 3388 14 PB DE LA PLANTA ESSO LAS MERCEDES 1KM NORTE				TITULO DEL CONTRATO NUEVO CARNIC NUEVO CARNIC, NUEVO C.		NÚMERO DE FACTURA F122023021210391
TIPO DE CONSUMO	NÚMERO DE MEDIDOR	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	MULTIP.	CONSUMO	DETALLE DE FACTURACIÓN IMPORTE EN C\$
Activa punta (Alta Tension)	17902619IT	1065	1095	4200	126.000	Activa Punta kWh Como Energia 1.001.174,40
Activa valle (Alta Tension)	17902619IT	8709	8933	4200	940.800	Activa Valle kWh Como Energia 4.939.320,96
Activa llano (Alta Tension)	17902619IT	9774	10029	4200	1.071.000	Demanda Punta 1.047.491,16
Reactiva (Alta Tension) kVA	17902619IT	5116	5238	4200	512.400	Alumbrado Publico 18.559,76
Demanda Punta (Alta Tens	17902619IT	1219	1250	42	1.302	Comercializacion 4.074,61
Potencia Valle Totalizador)	17902619IT	2615	2686	42	2.982	Regulacion INE 70.106,21
						IVA 1.062.109,07
PERIODO DE CONSUMO Desde 20/01/2023 Hasta 25/02/2023		TARIFA TSE MT.INDUST.MAYORBINOM.4	kW CONT. 2,462	FACT. POT. 0,90		

INFORMACION COMPLEMENTARIA

Activa Punta k	C\$/kWh	Importe
18.000	7,96242	142.933,80
108.000	7,96470	858.212,40
126.000		1.001.174,40
Activa Valle k	C\$/kWh	Importe
134.000	5,26470	705.758,48
806.000	5,29070	4.236.164,48
940.800		4.939.320,96
Demanda Punta	Importe	
0	1.047.491,16	
2.982	0,00	

TOTAL FACTURADO 8.142.836,17

CUOTA 0/0 0,00

TOTAL A PAGAR 8.142.836,17

DETALLE MORSIDAD			Saldo Arreglo De Pago
90 días o más	60 días	30 días	
0,00	0,00	0,00	0,00

HISTORICO DE CONSUMO



TOTAL DEUDA 8.142.836,17

SU CONSUMO MEDIO DURANTE LOS ULTIMOS 12 MESES HA SIDO DE:
kW más / Mes 0
kWh/Mes 2117150
C\$/Dia 233.909,65

EL CONSUMO DE ESTA FACTURA ES: REAL ESTIMADO

AHORA A SU DISPOSICIÓN NUESTRA OFICINA DE ATENCIÓN TELEFÓNICA 0724 HORAS AL TELÉFONO 125

DISNORTE-DISSUR recuerda a sus clientes que para procesar la exoneración o exención del impuesto al valor agregado IVA, deben de presentar la respectiva carta de exoneración autorizada en tiempo y forma, de lo contrario se obliga a realizar el respectivo cobro del IVA.

ESTA FACTURA SÓLO TENDRÁ VALIDEZ CON LA AUTENTIFICACIÓN DE LA OFICINA DE COBRO Y NO ACREDITA EL PAGO DE LAS ANTERIORES

RESERVADO PARA LA OFICINA DE COBROS

DISSUR S.A.

TITULAR DEL CONTRATO NUEVO CARNIC NUEVO CARNIC, NUEVO CARNIC SOCIEDAD A		DIRECCIÓN DEL SUMINISTRO EL RODEO - MD, EL RODEO - MD 3388 14 PB DE LA PLANTA ESSO LAS MERCEDES 1KM NORTE			
REFERENCIA DE COBRO SV 2032803299	MES DE LA FACTURA FEBRERO	FECHA DE EMISION 25/02/2023	NÚMERO DE FACTURA F122023021210391	TOTAL A PAGAR C\$ 8.142.836,17	
ORDEN DE LECTURA 1220.40.0110.0063	TARIFA TSE MT.INDUST.MAYORBINOM.C M/H				



2032803299000000081428361737



**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA
ENTE REGULADOR**

TARIFAS ACTUALIZADAS A ENTRAR EN VIGENCIA EL 1 DE FEBRERO DE 2023

AUTORIZADAS PARA LAS DISTRIBUIDORAS DISNORTE Y DISSUR

MEDIA TENSION (VOLTAJE PRIMARIO EN 13.8 Y 24.9 kV)						
TIPO DE TARIFA	APLICACIÓN	TARIFA		CARGO POR		
		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ENERGÍA (C\$/kWh)	POTENCIA (C\$/kW-mes)	
GENERAL MAYOR	Carga contratada mayor de 25 kW para uso general (Establecimientos Comerciales, Oficinas Públicas y Privadas Centro de Salud, Hospitales, etc)	T-2D	TARIFA BINOMIA SIN MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL			
			Todos los kWh	6.3355		
				kW de Demanda Máxima		930.8376
		T-2E	TARIFA BINOMIA CON MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL			
			Verano Punta	10.3127		
			Invierno Punta	9.9841		
			Verano Fuera de Punta	7.1264		
			Invierno Fuera de Punta	6.8873		
Verano Punta			1,036.4604			
Invierno Punta		647.2859				
Verano Fuera de Punta		0.0000				
Invierno Fuera de Punta		0.0000				
INDUSTRIAL MEDIANA	Carga contratada mayor de 25 y hasta 200 kW para uso Industrial (Talleres, Fábricas, etc.)	T-4D	TARIFA BINOMIA SIN MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL			
			Todos los kWh	5.2404		
				kW de Demanda Máxima		596.6182
		T-4E	TARIFA BINOMIA CON MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL			
			Verano Punta	7.6834		
			Invierno Punta	7.4326		
			Verano Fuera de Punta	5.1075		
			Invierno Fuera de Punta	4.9378		
Verano Punta			771.9535			
Invierno Punta		482.1028				
Verano Fuera de Punta		0.0000				
Invierno Fuera de Punta		0.0000				
INDUSTRIAL MAYOR	Carga contratada mayor de 200 kW para uso Industrial (Talleres, Fábricas, etc)	T-5D	TARIFA BINOMIA SIN MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL			
			Todos los kWh	5.3759		
				kW de Demanda Máxima		621.2127
		T-5E	TARIFA BINOMIA CON MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL			
			Verano Punta	7.9467		
			Invierno Punta	7.6876		
			Verano Fuera de Punta	5.2507		
			Invierno Fuera de Punta	5.0785		
Verano Punta			804.5247			
Invierno Punta		502.4370				
Verano Fuera de Punta		0.0000				
Invierno Fuera de Punta		0.0000				
PEQUEÑAS CONCESIONARIAS	Para uso exclusivo de pequeñas distribuidoras de energía eléctrica	TPC	TARIFA MONOMIA			
			Todos los kWh	4.3584		

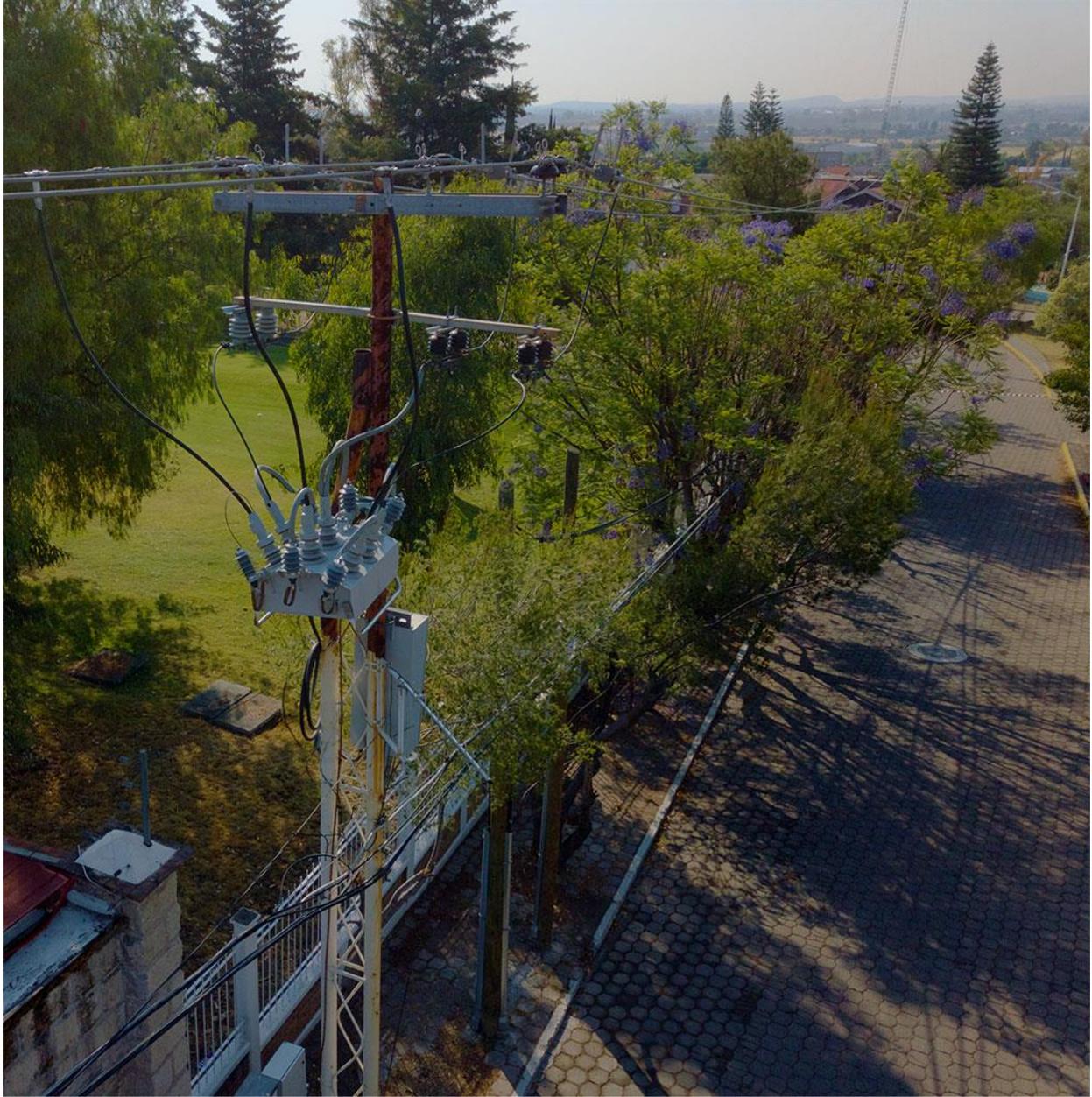
Tarifa de media tensión para disnorte-dissur.



Instalación de analizador de redes fluke en centro de caga de laboratorio.







Relevadores de media tensión

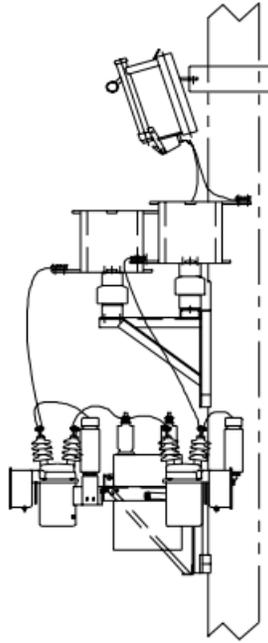


Relevadores de media tensión









Reactores Inrush de núcleos de aire.







