



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE MEJORA DE LAS
INSTALACIONES ELECTRICAS DE LA
SUBESTACION INTERNACIONAL DEL
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA
CIUDAD DE MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO

P R E S E N T A N:

ARMANDO PÉREZ GOVANTES

EDGARDO LUGO CRUZ

JORGE ARTURO VENEGAS TORRES

DIRECTOR DE TESIS:
ING. GUILLERMO LÓPEZ MONROY



Ciudad Universitaria, México D. F. 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Agradecimientos

Armando.

A mi madre, por sus sacrificios, por entregar la vida en busca de su felicidad: la mía y la de mis hermanos.

A todos aquellos y aquellas que directa e indirectamente estuvieron involucrados en la conformación de este logro. A mis amigos y amigas, que sin ser mencionados se saben aludidos.

A la Facultad de Ingeniería y la Universidad Nacional Autónoma de México por formar profesionistas con criterio, por crear seres humanos de calidad. Gracias a la FI y la UNAM por que en ellas encontré lo que amo de esta vida.

Edgardo Lugo Cruz

Agradezco a Dios, ya que en la fe encontré la fuerza para continuar en innumerables momentos a lo largo de mi trayectoria escolar.

A mi mamá Irma, por su valioso tiempo, por sus consejos y desvelos que incontables ocasiones pasó conmigo, por procurarme siempre y hacer que no faltara nunca en mi mochila algo de comer.

A mi papá Nicolás, que además del sustento económico, siempre tuve su confianza y su esmero para ayudarme a salir adelante, por su consejo y por toda la dedicación que tuvo en mí.

A mi hermana Diana que muchas veces ha sido como mi segunda mamá.

A mi abuelita Patricia (mamá Paty) y a tía Chelo que siempre se preocuparon y tuvieron conmigo muchas atenciones.

A mi abuelito Pedro (papá Pither ☩), que aunque físicamente no este ahora, le agradezco sus enseñanzas, sabiduría y filosofía de la vida.

A todos ellos que en conjunto impulsaron con todos esos detalles, mi educación y superación personal. Muchas gracias por la paciencia otorgada en todos estos años. Este trabajo representa ahora la culminación de una larga trayectoria escolar que quiero dedicarles.



Agradecimientos



Gracias al ingeniero Guillermo López Monroy, director de esta tesis, por su valiosa asesoría y por el tiempo que invirtió y dedicó en nosotros; además de su conocimiento transmitido en la materia que me impartió.

Así mismo quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos mis profesores, por dejar en mí una formación académica invaluable, a ellos que no me alcanzarían estas páginas para nombrarlos a todos, y que al mismo tiempo no quisiera tener el descuido de omitir a ninguno. Gracias por compartir sus experiencias y dejar en su alumno una parte de sus vidas.

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma De México que me acogió en este largo periodo y a la gloriosa Facultad De Ingeniería, por darme la oportunidad de tenerme entre sus egresados.

Finalmente agradezco a mis compañeros de clases, con los cuales compartí momentos de angustia y de satisfacción, y que en varias ocasiones unimos fuerzas para salir adelante.

Que Dios los bendiga.

Jorge Arturo Venegas Torres

Agradezco principalmente a Dios, a mis padres Esteban, Josefa, a mis hermanos Esteban Valentín (Dolores, Estefany y Esteban jr), Rosario, Mario, a mi tía Florinda, Ángela Belén a mi sobrina Jennifer Alondra, a mis amigos (Ricardo, Daniel, Iván, Edgardo y Armando), a la Facultad de Ingeniería de la UNAM que me aguantó durante este tiempo de enseñanza y finalmente a toda la gente que me ayudó a realizar este sueño que sin su apoyo incondicional no podría estar en donde me encuentro ahora, gracias por compartir su existir conmigo.



ÍNDICE

Introducción _____	5
Capítulo 1: Antecedentes _____	8
1.1. El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México _____	8
1.2. El Área Internacional y sus principales zonas de consumo de energía eléctrica _____	15
Capítulo 2: La Subestación del Área Internacional _____	20
2.1. Descripción y ubicación de la subestación mediante el uso de planos arquitectónicos _____	20
2.2. Condiciones operativas previas al proyecto de mejora _____	25
2.3. Características técnicas del equipo eléctrico _____	35
Capítulo 3: Proyecto y supervisión de las obras _____	54
3.1. Obra Civil _____	54
3.2. Obra Electromecánica _____	59
3.3. Trabajo de Supervisión de Obra _____	68
Capítulo 4: Calidad de la energía _____	75
Conclusiones _____	156
Anexo: Planos _____	160
Bibliografía _____	165



Introducción

El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México tiende a mejorar y modernizar sus instalaciones eléctricas, esto debido al crecimiento acelerado de la demanda en las operaciones aeronáuticas nacionales y primordialmente las internacionales. Por esta razón es necesario implementar adecuaciones, reubicaciones y sustituciones de los equipos eléctricos principales a fin de contar con instalaciones eléctricas que garanticen la máxima eficiencia y la confiabilidad de las actividades diarias que en él se realizan.

El trabajo desarrollado en esta tesis contempla la información técnica necesaria, las acciones llevadas a cabo en un periodo de 5 meses y los resultados obtenidos en un estudio de calidad de la energía hecho a los equipos recién instalados.

La etapa inicial de los trabajos consistió en realizar inspecciones visuales basadas en la norma NOM-001-SEDE-2005 SISTEMAS ELÉCTRICOS (UTILIZACIÓN), apoyadas con mediciones de intensidad de corriente y tensión en los tableros que conformaban inicialmente el sistema eléctrico del Área Internacional. De igual forma se llevaron a cabo pruebas de operación de los sistemas de emergencia y observaciones a la Obra Civil del local donde se ubica la subestación.

Como resultado de implementar estas actividades se desprende una descripción de los trabajos realizados para modificar los puntos de “no conformidad”, es decir, los aspectos que no cumplían con la norma, incluyendo también las mejoras de ingeniería sugeridas en el funcionamiento de la subestación:

- Obra Civil
- Obra Electromecánica



- Equipamiento Eléctrico
- Identificación de los equipos
- Señalización y equipo de seguridad
- Verificación en la operación de los dispositivos recién instalados

Obra civil.

Los puntos principales a mejorar en este rubro son: limpieza de la trinchera o junta constructiva, demolición de bases de equipos que fueron retirados, demolición de muros que se encuentran sin terminar, construcción de losa de piso en las zonas donde se requiera, construcción de bases para los nuevos equipos, construcción de muros y herrería para puertas y rejas.

Obra electromecánica.

Dentro de estas mejoras se puede mencionar la reparación del sistema de tierras original con la conexión a tierra adecuada de los equipos y partes que lo requieran e incremento en los dispositivos de iluminación de toda el área de la Subestación.

Equipamiento eléctrico.

La Subestación de la Sala Internacional está equipada con subestaciones unitarias o subestaciones compactas de 25 kV, con transformadores en aceite de 23kV a 440 V y tableros de distribución con interruptores termomagnéticos que por su edad y su estado no pueden asegurar el nivel de continuidad de servicio que el aeropuerto requiere. Por lo antes mencionado se recomienda la sustitución y agrupamiento de estos tableros para que, con equipos nuevos apoyados con una planta de emergencia, mejoren la calidad del servicio dejando espacio para una segunda etapa de remodelación. De igual forma se recomienda reemplazar el tablero y las conexiones directas mejorando el sistema de protección del servicio provisional que se presta al hotel Hilton.



Identificación de los equipos.

Con la finalidad de facilitar el conocimiento de las instalaciones y la operación de las mismas, además de cumplir con los requisitos de la Norma Oficial Mexicana, se recomienda la instalación de placas, etiquetas y otros dispositivos para marcar en forma permanente los equipos principales como pueden ser tableros, transformadores, interruptores, circuitos derivados y sobre todo los conductores en charolas y cajas de registro, a fin de mejorar la aplicación de los procedimientos de mantenimiento.

Señalización y equipo de seguridad.

Una parte de vital importancia es la instalación de gabinetes de seguridad completamente equipados con guantes, pértigas, goggles, alicates y todo el material necesario para la operación del equipo clase 25 kV, así como la instalación en lugares estratégicos de extintores, señalamientos de emergencia y advertencia.

Verificación de la operación en los equipos recién instalados.

Consiste principalmente en aplicar un estudio detallado de calidad de la energía en los nuevos dispositivos, de tal manera que pueda comprobarse una mejora en la operación del sistema en comparación a las condiciones existentes antes de iniciar las remodelaciones.

Creemos que la información generada y recopilada en cada uno de estos capítulos puede ser de utilidad a las autoridades encargadas de la operación y mantenimiento de la Subestación Internacional, a la vez que contribuye en muchos aspectos al continuo desarrollo y fortalecimiento del criterio de un Ingeniero competente en un ambiente real de trabajo.



CAPITULO 1

Antecedentes

1.1 El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

Descripción

El AICM forma parte del GACM, (Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México), que está constituido por todos los aeropuertos que rodean a la capital: el Aeropuerto de Puebla, Aeropuerto de Toluca, Aeropuerto de Cuernavaca, Aeropuerto de Hidalgo, y el Aeropuerto de Querétaro.

En términos de pasajeros, el Aeropuerto de Ciudad de México es considerado como el aeropuerto más grande y congestionado de América Latina y el número 42 en el ámbito mundial.

En términos de carga, es el número 2 de América Latina y 42 en el ámbito mundial (el número 1 en América Latina es Guarulhos en São Paulo, con el 36 en el ámbito mundial)

Se inauguró con el nombre de *Puerto Aéreo Central* y poco después éste fue cambiado por el de *Aeropuerto Central* para posteriormente renombrarse a Aeropuerto Internacional Benito Juárez hasta 1998, cuando al formarse el consorcio que obtuvo la concesión operativa del mismo durante su privatización el nombre de Benito Juárez no fue incluido, ya que nunca se publicó en el Diario Oficial. En el aeropuerto operan 9 aerolíneas nacionales de pasajeros, y 23 extranjeras. Entre Marzo de 2004 y Marzo de 2005, el AICM dio servicio a 23 millones de pasajeros. Cuenta con 50 posiciones de contacto (Puertas de embarque directo, incluidas las posiciones para salas móviles 9A/B/C/D/E/F, 20A/B/C/D/E/F, 32A y 36A) y 70 posiciones remotas. (Incluidas las que se encuentran en la actual Terminal 2, utilizada por Aeromar, así como las que se



ubican al otro lado de las pistas, viéndolo desde la terminal principal, utilizadas por Continental Airlines y Aerolitoral.

La terminal internacional del aeropuerto ha sido recientemente dividida en dos secciones, la primera para vuelos con Norteamérica, Europa, Asia, Oceanía y África, y la segunda para vuelos con Centroamérica, Sudamérica y el Caribe. Esta división es curiosa si se tiene en cuenta que ningún vuelo procedente de África u Oceanía llega a este aeropuerto. Es además, un estratégico punto de conexiones, entre Norte y Sudamérica, como entre Europa y Centroamérica, dado que es el principal nudo de intercomunicación y base operativa de Aeroméxico, Mexicana y el segundo de Aviacsa.



Fig. 1.1 Vista aérea del aeropuerto internacional de la ciudad de México.

La Nueva Terminal 2

Dada la saturación del AICM, muchas operaciones son transferidas a los aeropuertos alternativos de Toluca, Cuernavaca y Puebla. Sin embargo, desde el



Antecedentes



año 2005 se realizan los trabajos de construcción de la Nueva Terminal 2 . Éste es el proyecto más importante de todos aquellos que son llevados a cabo para la conformación del Sistema Metropolitano de Aeropuertos (SMA) La Nueva terminal tendrá 242,000 m² de superficie y 292,000 m² de plataforma, la cual es la zona donde se realizan todas las operaciones propiamente aeronáuticas. De igual forma contará con 23 posiciones de ascenso y descenso de pasajeros que poseen conexión directa al edificio y con toma individual de combustible, para lo cual se construye un ducto con Turbosina (Combustible para aviones) de más de 8 km de longitud que irá de la Estación de Combustibles México a la plataforma de la Nueva Terminal 2 a través de tubería de 18 pulgadas de diámetro.

La Nueva Terminal 2 tendrá un estacionamiento para más de 4,000 vehículos y un hotel con más de 350 habitaciones, considerando también que es el primer aeropuerto en América Latina con capacidad para recibir al avión de tipo comercial más grande del mundo: el Airbus 380.



Fig. 1.2. Edificio de la Nueva Terminal 2 del AICM



Antecedentes



Tendrá un sistema de transporte entre las 2 terminales que consiste en un tren de 4 vagones que correrá a lo largo de los 3 km que las separan. Podrá circular las 24 hrs. del día con una frecuencia de 15 min. en horas pico. Es un sistema completamente automatizado que no requiere de conductor. Su sistema de propulsión esta basado simplemente en motores eléctricos, poleas y un cable de acero de 6 km de longitud. Podrá transportar un total de 6,800 pasajeros al día en un recorrido que dura 7 min. en viaje sencillo. Su velocidad es 45 km/hr con cuatro vagones que tienen una capacidad de 25 pasajeros cada uno.

La construcción de la Nueva Terminal 2 supondrá también beneficios para las colonias aledañas a ésta, con la construcción de dos distribuidores viales para facilitar el acceso y el descongestionamiento vial.

Distribuidor Vial 1

Este distribuidor facilita el ingreso a la actual terminal y la conexión con la nueva terminal 2, a través de dos puentes colgantes. En un sentido y desde el Circuito Interior Norte (Río Consulado) es posible acceder a la Terminal 2, mientras que por el extremo sur de este mismo circuito (Boulevard Puerto Aéreo y Río Churubusco) se llega a la actual Terminal. Este distribuidor tendrá una extensión de 1.5 km. Para su construcción fueron colocados 28 pilotes a una profundidad de 30 m y el mástil que soportará los puentes atirantados mide 42 m de alto.

Distribuidor Vial 2

Tendrá una extensión de 3.7 km y contará con una vialidad elevada directa por Av. Economía mientras que en sentido contrario, en los cruces con Av. Ignacio Zaragoza y Av. Ocho se librarán con pasos elevados. Se realizarán diversas obras de pavimentado, banquetas, drenaje, cableado eléctrico y telefónico. Se instalarán más de 250 luminarias en las colonias aledañas con más de 4,000 árboles que serán plantados en las inmediaciones de la obra.



Fig. 1.3 Entrada principal de la Nueva Terminal 2

Según los proyectitas, estos aspectos supondrán un ahorro en tiempo para aterrizaje de 1.1 min. y para despegue de 9.7 min. Llevaran al AICM a aumentar su capacidad de 24 a 32 millones de pasajeros al año.

Historia

- El primer aterrizaje se efectuó el 5 de noviembre de 1928.
- El servicio regular se inició el 1 de marzo de 1929.
- Es inaugurado oficialmente el 15 de mayo de 1931.
- La terminal se construyó entre 1946 y 1952, durante el Gobierno de Miguel Alemán Valdez junto con muchos aeropuertos de México. Fue adaptado a la era del "jet" por la Oficina de Aeropuertos de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP), reinaugurándose el 19 de noviembre de 1952 y desapareciendo en el proceso el Aeropuerto Militar de Balbuena.
- El 18 de mayo de 1980, se inicia la primera fase expansionista, que incluyó la ampliación del edificio terminal a más del doble.



Antecedentes



- En 2001, se inauguró el ala este del Aeropuerto, utilizado principalmente por las aerolíneas pertenecientes a la alianza Sky Team, comprimiendo 10 salas de abordaje, conectado por un túnel a la terminal principal.
- En 2002, se inicia el proyecto expansionista "Ampliación del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México a su máxima capacidad".
- En 2005, la expansión de la terminal doméstica (Salas A/B/C/D), fue completada, aumentando el andador público a más del doble, construyendo un segundo piso en la misma área, y una nueva sala de pre-espera en el ala B.

Asimismo, la terminal internacional sufrió severas modificaciones, incluyendo nuevas zonas de documentación, 13 nuevas bandas de reclamo de equipaje, así como áreas de migración y la implementación del sistema de doble y triple nivel.

Es evidente que el incremento en los cambios estructurales del Aeropuerto obedece principalmente a la creciente población en el Valle de México y sus alrededores. Por esto, a inicios de esta década surgió el proyecto de construcción de un nuevo Aeropuerto lo suficientemente grande y moderno para hacer frente a la demanda de operaciones aeronáuticas, siendo las zonas de Texcoco y Tizayuca las dos opciones principales en su momento.

Los aspectos de carácter operacional una vez puesto en marcha el proyecto siempre fueron más importantes que los de carácter ambiental, demográfico, económico y social, esto preocupó a diversas organizaciones como la CONAPO (Consejo Nacional de Población) que se empeñó en realizar un estudio detallado de las oportunidades y riesgos que se presentarían en cada una de las opciones.

Por sus características la ubicación del nuevo aeropuerto en la zona de Tizayuca brindaría la posibilidad de orientar la expansión urbana hacia la parte Nororiental del valle, que es una de las zonas que presenta mayores ventajas, mejores condiciones y menores costos, detonaría la creación de miles de empleos y el impulso al desarrollo regional en uno de los estados del país que presenta



mayores niveles de marginación. La opción de Tizayuca conviviría e incluso se complementarían con el aeropuerto actual por que permitiría conservar la mayor parte de las fuentes de trabajo en la ciudad de México. Algunas otras ventajas relevantes consisten en la disponibilidad de un aeropuerto alternativo para casos de emergencia; el traslado paulatino de operaciones y la expansión de las nuevas instalaciones conforme la demanda lo requiera y, derivado de lo anterior, la opción de contar con la infraestructura y la capacidad instalada actual. Todo esto supone llevar a cabo considerables inversiones para mejorar de manera significativa las rutas y medios para acceder al nuevo aeropuerto desde la ciudad.

La opción de Texcoco constituye la alternativa más cercana a la zona de demanda de la ciudad de México y podría contribuir a equilibrar la estructura espacial de la ciudad hacia el nororiente y dar lugar a una “nueva centralidad”. De igual forma, para que este proyecto sea viable, es preciso contar con enlaces más eficientes en la zona metropolitana considerando la ampliación de la carretera Peñón-Texcoco a 8 carriles, el Arco Norte Periférico y otras.

El ex vaso de Texcoco ha resistido hasta ahora las presiones del crecimiento poblacional y permanecido baldío, a pesar de colindar con los municipios más poblados del país como Ecatepec, Nezahualcóyotl y Chimalhuacán. Sin embargo, esta zona ya ha cedido alrededor de 4500 hectáreas a la expansión de la mancha urbana en suelos que son poco aptos para este fin. Algunos autores han argumentado que esta localización podría contribuir a impedir la invasión irregular y la ocupación de nuevos asentamientos en el territorio reservado al nuevo aeropuerto y en las zonas aledañas. Aún así, debe reconocerse que con la construcción del aeropuerto en el área de Texcoco y la ampliación de la vía Peñón-Texcoco se corre el peligro de reforzar la densificación urbana del ex vaso de Texcoco, haciendo cada vez más atractiva la expansión hacia esta zona.

Por estas razones, cualquiera de estas opciones implicaría incrementar los esfuerzos en la creación de normas y operaciones para garantizar la preservación e incluso la ampliación de esta zona, toda vez que, como se sabe, desempeñan



un papel estratégico como área tanto de regulación hidráulica como contención de la mancha urbana.

Ello indica que el proyecto de localizar el nuevo aeropuerto en Texcoco resultaría inviable sin la consideración de un conjunto de acciones orientadas a garantizar la sustentabilidad ambiental y el ordenamiento territorial de la zona, entre las cuales destacan la preservación de áreas naturales y desarrollo ecológico con la finalidad de lograr la restauración del lago y su regulación hidráulica, el recubrimiento de pastizales, la ejecución de programas intensivos de reforestación, de recuperación de los acuíferos y de relocalización de lagos en sitios que sean compatibles con los desplazamientos de aves migratorias y de futuras rutas aeronáuticas.

Como se puede advertir, ambos proyectos presentan oportunidades y riesgos para avanzar en el ordenamiento territorial sustentable de la zona del Valle de México. Para la toma de una decisión adecuada y su puesta en marcha, se requiere profundizar en los estudios de impacto y establecer una propuesta integral que identifique claramente las estrategias y programas específicos dirigidos a resolver las eventuales situaciones adversas que podría desencadenar cada una de éstas opciones.

1.2 El Área Internacional y sus principales zonas de consumo de energía eléctrica.

El Aeropuerto de la Ciudad de México contiene una gran variedad de zonas de consumo de energía distribuidas a lo largo y ancho de toda su extensión. En esta sección nos limitaremos a mencionar las más importantes en consumo de energía eléctrica y que son alimentadas por la Subestación Internacional.

Actualmente el aeropuerto tiene en funcionamiento una gran cantidad de subestaciones que alimentan diversas cargas en diferentes sectores, por lo que es necesario aclarar que en esta tesis sólo nos limitaremos a hablar de la Subestación del Área Internacional. Los nombres de algunas de las otras subestaciones se enumeran a continuación:



1- Nacional Azotea	9- Número 10
2- Internacional Planta Baja	10- Isla
3- Modulo V	11- Número 19
4- Modulo XI	12- Número 23
5- Internacional Azotea	13- Nacional 01 Estacionamiento
6- Terminal Terrestre	14- Derivada 1
7- Koala 1	15- Derivada 2
8- Koala 2	16- Derivada 4

Tabla 1.1. Subestaciones del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México

Hotel Hilton. Es una de las principales zonas que alimenta la subestación y, en consecuencia, uno de los principales consumos de energía. Las principales cargas conectadas son: Iluminación, aire acondicionado, refrigeración en general, motores de bombeo, sistemas neumáticos, elevadores, rampas y escaleras eléctricas, detectores de metales, etc.

La zona de comida rápida. Es otro sector de alto consumo de energía eléctrica. Comprende estacionamientos, tiendas, restaurantes, locales de computación y casas de cambio operando las 24 hrs. del día. Dicho consumo se centra en la iluminación, aire acondicionado, parrillas y hornos eléctricos, refrigeradores, cajeros electrónicos, despachadores automáticos, etc.

La zona de pasillos y áreas comunes. Tiene en general, la iluminación y escaleras eléctricas que proporcionan una mayor y más eficiente movilidad, sin dejar de lado los aspectos de comodidad que los usuarios y viajeros demandan.

Elevadores. Los elevadores como las escaleras eléctricas son dos de las cargas más importantes dentro de las instalaciones aeroportuarias. Por su carácter de



aeropuerto internacional, estos dispositivos poseen todas las características necesarias en cuanto a dimensión y capacidad para el transporte de personas y equipaje.

Bandas de equipaje. Como su nombre lo dice tienen como objetivo el transporte y entrega del equipaje desde el compartimiento de carga del avión hasta las manos del viajero, siendo entonces, los motores eléctricos los dispositivos principales para dar movilidad a las bandas.

Iluminación. La iluminación tiene un rol importante en este apartado ya que es una de las cargas presente en todas las áreas.

Misceláneos. Éstos sugieren a todos aquellos equipos que en conjunto generan una carga significativa y que debe satisfacer al instante las necesidades del usuario como lo son el uso de equipo de cómputo, máquinas dispensadoras (café, dulces, etc.), monitores, timbres, altavoces, etc.



Fig. 1.4. Escaleras frente al Hotel Hilton



Antecedentes



Fig. 1.5. Área de comida rápida



Fig. 1.6. Bandas de equipaje



Antecedentes



Fig. 1.7. Zona comercial



CAPITULO 2

La Subestación del Área Internacional

2.1 Descripción y ubicación de la subestación mediante el uso de Planos

Arquitectónicos.

En la parte final de esta tesis puede apreciarse el plano arquitectónico que permite realizar la localización en sitio de la Infraestructura Eléctrica de la subestación, y que está comprendida por los siguientes elementos:

- Acometida eléctrica.
- Subestación Eléctrica de mediana tensión.
- Transformador de Potencia.
- Interruptor General de baja tensión.
- Tableros generales de baja tensión.
- Tableros de distribución y fuerza.
- Alimentadores generales.
- Circuitos derivados (salida de alimentadores).
- Canalizaciones de los circuitos en subestación.
- Plantas de emergencia, incluyendo tableros de emergencia y unidades de transferencia.

Dentro del alcance de los servicios profesionales prestados para realizar los trabajos de remodelación está el Diagnostico Eléctrico de la Subestación, realizando en primera instancia el levantamiento de la instalación eléctrica que se presenta en un reporte completo que contiene todos los elementos que tiene la subestación eléctrica junto con sus datos de placa.

Por otra parte, toda la información se plasma en un juego de planos constituido por la instalación eléctrica, diagrama unifilar, distribución de alumbrado y contactos (ARQ-01-A, IE-01-A y ALU-01-A) que se localizan en el anexo de esta tesis. Esto



se hizo de acuerdo con lo estipulado en las normas vigentes como son: NOM-001-SEDE-2005, NOM-008-SCFI-2002 (Sistema General de Unidades de Medida) y la NMX-J-098-ANCE-1999 (Sistemas Eléctricos de Potencia-Suministro-Tensiones eléctricas normalizadas).

También se hicieron las consideraciones pertinentes al hacer el levantamiento ya que todo equipo eléctrico utilizado en este tipo de instalaciones debe cumplir en todos sus aspectos en la NOM-001-SEDE-2005 como mínimo, o incluso sobrepasar los requerimientos. Algunos de estos aspectos son los que se comentan a continuación.

Tensión. Los equipos eléctricos deben ser adecuados para el valor máximo de la tensión al cual van a operar 127V, 220V o 440V (valor eficaz en corriente alterna), así como también a las sobre tensiones que pudieran ocurrir.

Corriente eléctrica. Todos los equipos eléctricos deben seleccionarse considerando el valor máximo de la intensidad de corriente (valor eficaz en corriente alterna) que conducen en servicio normal y considerando la corriente existente cuando se presenten irregularidades en el sistema.

Frecuencia. Si la frecuencia tiene una influencia sobre las características de los equipos eléctricos, la frecuencia nominal de los equipos debe corresponder a la frecuencia susceptible de producirse en el circuito 60Hz.

Potencia. Todos los equipos eléctricos, seleccionados sobre la base de sus características de potencia, deben adecuarse para el servicio requerido, tomando en cuenta el factor de carga y las condiciones normales de servicio.



Condiciones de instalación. Todos los equipos eléctricos deben seleccionarse para poder soportar con seguridad los esfuerzos y las condiciones ambientales característicos del lugar en donde se van a instalar y a las que puedan someterse.

Prevención de los efectos nocivos. Todos los equipos eléctricos habrán de seleccionarse de manera que causen los menores efectos nocivos a otros equipos y a la alimentación durante el servicio normal, incluyendo las operaciones de interrupción.

En este contexto, los factores que pueden tener una influencia son:

- El factor de potencia
- Corrientes inducidas
- Cargas asimétricas
- Distorsión armónica

Listado de equipo.

Como se puede apreciar en el plano de la subestación antes de la remodelación, se tienen los diferentes elementos de media tensión, baja tensión y transformación interconectados entre si, esquematizados por bloques, por lo que a continuación se muestra un listado con los números de identificación de cada uno de los dispositivos presentes en el plano para una rápida localización.

1. SUBESTACIÓN COMPACTA CLASE 25KV DE 750 KVA
2. TRANSFORMADOR EN ACEITE DE 750 KVA 440/254 V (*fuera de servicio*)
3. TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CON INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 1200 AMP
4. INTERRUPTOR GENERAL DE 500 AMP (IG-4) 3F, 440 V



5. TABLERO DE DISTRIBUCIÓN (TGE-1) 800A 3F, 440 V
6. TABLERO DE DISTRIBUCIÓN (TGN-1) 2000A, 3F, 4H, 440V
7. TABLERO DE DISTRIBUCIÓN (TGN-1) 2000A, 3F, 4H, 440V
8. INTERRUPTOR GENERAL DE 1600 AMP (IG-1) 3F, 440V
9. TABLERO DE TRANSFERENCIA (TT-02) 3X800A
10. TABLERO DE INTERRUPTOR GENERAL DE 1600 AMP (HILTON)
11. TRANSFORMADOR EN ACEITE DE 1000 KVA 3F, 4H, 23KV-440/254 V,
Z=7.23%
12. TRANSFORMADOR EN ACEITE DE 1000 KVA 3F, 4H, 23KV-440/254 V,
Z=7.33%
13. TRANSFORMADOR EN ACEITE DE 1000 KVA 3F, 4H, 23KV-440/254 V,
Z=7.37%
14. TRANSFORMADOR EN ACEITE DE 1000 KVA 3F, 4H, 23KV-440/254 V,
Z=7.43%
15. TABLERO DE ACOMETIDA Y MEDICIÓN 25KV, 3F
16. CELDA SECCIONADOR Y CUCHILLAS 25KV
17. CELDA PARA APARTARAYOS
18. CELDA CON INTERRUPTOR GENERAL ALTA DE 600 AMP
19. CELDA CON INTERRUPTOR CON FUSIBLES DE 25 AMP, 25 KV
20. CELDA CON INTERRUPTOR CON FUSIBLES DE 60 AMP, 25KV
21. CELDA CON INTERRUPTOR CON FUSIBLES DE 60 AMP, 25KV
22. CELDA CON INTERRUPTOR CON FUSIBLES DE 60 AMP, 25KV
23. CELDA CON INTERRUPTOR CON FUSIBLES DE 16 AMP, 25KV
24. TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CON TRANSFORMADOR 225 KVA DE
440-220/127V (TS-A).
25. TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CON TRANSFORMADOR 225 KVA DE
440-220/127V (TS-B)
26. TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CON TRANSFORMADOR 225 KVA DE
440-220/127V TS-1
27. TABLERO DE TRANSFERENCIA MCA. IGSA DE 3X1250 AMP



28. TABLERO DE TRANSFERENCIA MCA. OTTOMOTORES MOD. DALE
3X1200AMP
29. TABLERO DE TRANSFERENCIA MCA. OTTOMOTORES MOD. DALE
3X1200AMP
30. TANQUE DE COMBUSTIBLE DE 400 LTS.
31. PLANTA DE EMERGENCIA DE 375 KVA, 300KW, 3F, 4H, 220/127V, 60HZ
32. TABLERO DE CONTROL PARA TRANSFERENCIA MCA. GP SOLO SE
USA ELECTRÓNICA PARA PLANTA DE 625 KVA
33. PLANTA DE EMERGENCIA MCA. POTENCIA INDUSTRIAL DE 500
KVA, 400KW, 3F, 4H, 440/254V
34. TANQUE DE COMBUSTIBLE DE 400 LTS.
35. TANQUE DE COMBUSTIBLE DE 400 LTS.
36. TANQUE DE COMBUSTIBLE DE 400 LTS.
37. PLANTA DE EMERGENCIA MCA. IGSA DE 625 KVA 500KW, 3F, 4H,
440/254V
38. PLANTA DE EMERGENCIA MCA. OTTOMOTORES DE 625 KVA, 530 KW,
3F, 4H, 440/254V
39. INTERRUPTOR GENERAL DE 800 AMP (IG-2), 3F, 440V
40. TABLERO DE DISTRIBUCIÓN (TGN-2), 3F, 440V
41. TABLERO DE TRANSFERENCIA (TT-2), 800AMP, 440V
42. TABLERO DE DISTRIBUCIÓN (TGE-2), 800AMP, 440V
43. INTERRUPTOR GENERAL DE 1600 AMP (IG-3), 3F, 440V
44. TABLERO DE DISTRIBUCIÓN (TGN-3) 2000A, 3F, 4H, 440V
45. ARRANCADOR AUTOMÁTICO A TENSIÓN REDUCIDA 30 KVA, 440 V.
46. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES CCMA, 40KVA, 440V.

Actualmente se tienen instaladas las luminarias que se mencionan a continuación y en las cuales los conductores se encuentran dentro de tubos tipo conduit con las siguientes características:



- TUBERÍA CONDUIT GALV. P.G. APARENTE.
- TUBERÍA CONDUIT METÁLICA FLEXIBLE DE 16mm
- LUMINARIA EN GABINETE TIPO INDUSTRIAL DE 1.22x0.305m, CON LÁMPARAS FLUORESCENTES DE 32W CADA UNA, Y BALASTRO DE 2Tx32W, 127V.
- LUMINARIA EN GABINETE TIPO INDUSTRIAL DE 0.61x0.61m, CON LÁMPARAS FLUORESCENTES CURVALUM DE 32W CADA UNA, Y BALASTRO DE 2Tx32W, 127V.
- CONTACTO MONOFÁSICO TIPO DUPLEX POLARIZADO, 127V, EN MURO.
- CONDULET SERIE OVALADA.

2.2. Condiciones operativas previas al proyecto de mejora

Una vez que se ha descrito de forma general el espacio y equipo del cual dispone la subestación, cabe hacer mención de las condiciones operativas que dieron paso al desarrollo del proyecto. Creemos que es de gran ayuda el hacer uso de fotografías con el objetivo de expresar con mayor detalle los aspectos técnicos que surgieron durante el periodo de trabajo.

Partiendo del hecho de que el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) lleva a cabo un largo proceso de reestructuración en la mayoría de sus áreas, el objetivo principal de la remodelación es el de proporcionar de forma adecuada la energía eléctrica requerida por el área internacional, tomando en cuenta el crecimiento en las zonas de restaurantes, hoteles, tiendas y bandas de transporte de equipaje. Los cambios en estas áreas implican la renovación de los tableros de distribución que hasta el momento y desde su puesta en marcha no habían sido actualizados, además de optimizar la distribución de la energía con la sustitución de tableros y transformadores que operen directamente con tensiones de 220 V.



Equipo de media tensión.

En estos no se contempló la sustitución de ninguno de ellos, ya que la sustitución de unidades en media tensión quedará pendiente para una segunda etapa de remodelación. La configuración de los gabinetes permanece sin cambios. Se tiene en primera instancia el gabinete de acometida con su equipo de medición, las cuchillas para maniobras, equipo contra sobre-tensiones (apartarrayos), un interruptor en Hexafloruro de azufre (SF_6) y los cuatro alimentadores con las especificaciones técnicas que se han descrito con anterioridad.



Fig. 2.1 Gabinete de acometida



Fig. 2.2 Alimentadores

Transformadores.

En estos dispositivos tampoco fue contemplado proceso de sustitución alguno, sin embargo, para el transformador marcado con el número de identificación “2” fue planeado su retiro definitivo de la subestación obedeciendo al hecho de su falta de uso, ya que previo a la realización de los trabajos de remodelación éste se hallaba sin carga. Los transformadores con los números 11, 12, 13 y 14 tienen una configuración delta-estrella, de 23kV-440V y una capacidad de 1000 kVA. Estos dispositivos operan de manera normal salvo por el hecho de que el transformador “13” lo hace con un notorio exceso de temperatura, esto nos hizo suponer en



principio que se trataba de una sobrecarga, sin embargo analizando el consumo de corriente por hora durante una semana, pudimos darnos cuenta que éste en particular se hallaba aproximadamente a un 70% de su capacidad, el problema tal vez se debió a una mala conexión de las zapatas en el lado de baja de tensión del dispositivo.



Fig. 2.3 Transformador "2" removido por falta de carga.



Fig. 2.4 Transformadores de la Subestación Internacional

A continuación se muestra una tabla esquemática del consumo de corriente por hora de los transformadores 11, 12, 13 y 14. Nótese la diferencia en el consumo del transformador "13", aún cuando esto pudiera interpretarse a primera vista



como un transformador sobrecargado, al realizar los cálculos adecuados para obtener la corriente nominal del aparato vemos que sólo se encuentra ligeramente arriba de la mitad de su capacidad.

Levantamiento de cargas

T 11	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	FECHA
JUEVES	415	420	415	340	420	430	440	436	450	499	460	04/05/2006
VIERNES	433	437	462	415	426	444	426	433	443	436	436	05/05/2006
SÁBADO	330	380	332	386	430	432	420	421	385	431	406	06/05/2006
LUNES	435	442	398	439	440	453	484	435	442	450	443	07/05/2006
MARTES	430	442	441	420	486	437	474	444	450	449	466	08/05/2006
MIÉRCOLES	425	440	412	440	480	443	446	440	498	464	450	09/05/2006
JUEVES	448	499	420	450	450	563	486	439	425	479	452	10/06/2006
T 12												
JUEVES	312	273	282	285	283	262	300	307	270	320	303	04/05/2006
VIERNES	253	289	260	300	308	270	300	302	272	270	330	05/05/2006
SÁBADO	250	256	267	246	282	265	301	289	247	236	250	06/05/2006
LUNES	315	317	294	291	314	294	325	308	301	303	286	07/05/2006
MARTES	301	284	295	322	284	317	309	302	300	278	314	08/05/2006
MIÉRCOLES	273	275	290	295	302	244	291	255	312	308	289	09/05/2006
JUEVES	280	263	254	295	302	311	320	324	298	310	301	10/05/2006
T 13												
JUEVES	931	918	925	970	1004	999	989	971	943	900	910	04/05/2006
VIERNES	980	960	970	1000	1024	1016	997	1002	917	895	879	05/05/2006
SÁBADO	909	926	901	936	985	932	1002	1016	986	964	1000	06/05/2006
LUNES	911	920	891	977	937	978	958	929	910	954	939	07/05/2006
MARTES	956	926	934	926	956	937	970	962	925	860	913	08/05/2006
MIÉRCOLES	968	939	976	990	980	950	932	958	982	1006	997	09/05/2006
JUEVES	919	999	965	980	995	975	965	1002	956	934	922	10/05/2006
T 14												
JUEVES	750	700	800	800	800	800	800	750	800	750	750	04/05/2006
VIERNES	750	740	800	850	800	850	800	800	750	730	750	05/05/2006
SÁBADO	650	650	700	700	750	651	700	750	720	700	700	06/05/2006
LUNES	700	750	770	750	800	800	800	780	760	780	750	07/05/2006
MARTES	800	800	750	880	900	850	850	800	800	800	750	08/05/2006
MIÉRCOLES	770	800	800	820	850	800	800	800	700	800	800	09/05/2006
JUEVES	700	750	750	750	750	800	800	750	750	820	750	10/05/2006

Tabla 2.1 Los valores están expresados en Amperes y fueron tomados cada hora, durante una semana.

Tableros de distribución.

Debido a las condiciones y el tiempo que llevan operando estos tableros, fue necesario un cambio total de todas las piezas e incluso de una reconfiguración de la carga que hasta ese momento se tenía conectada al sistema. Además es de aclarar que no existen refacciones para estos equipos por lo que requerían de su reemplazo total. Las fotos muestran el mal estado en el que se encontraban y el altísimo riesgo de sufrir un accidente por descarga eléctrica. Sin querer ahondar



demasiado en los aspectos negativos de esta instalación puesto que no es objetivo principal de esta tesis, creemos en la necesidad de mostrar las razones esenciales que dieron pie al desarrollo de este proyecto, dando a conocer los resultados que aportaron una solución al problema.

De los aspectos a destacar se hallan el notorio desgaste de los interruptores, corriendo el riesgo de no realizar la apertura del dispositivo al ocurrir una falla y por tanto que la protección del sistema no se lleve a cabo, esto produciría severos daños a las cargas o al mismo circuito. De igual forma el peinado de los conductores y su canalización no es el adecuado, algunos de los tableros carecen de sus láminas protectoras y la limpieza de los aparatos es escasa. Los conductores de puesta a tierra se hallan en muy mal estado y la iluminación no es la adecuada dejando zonas de la subestación con poca luz. A continuación se muestran algunas imágenes que ilustran todos estos aspectos.



Fig. 2.5

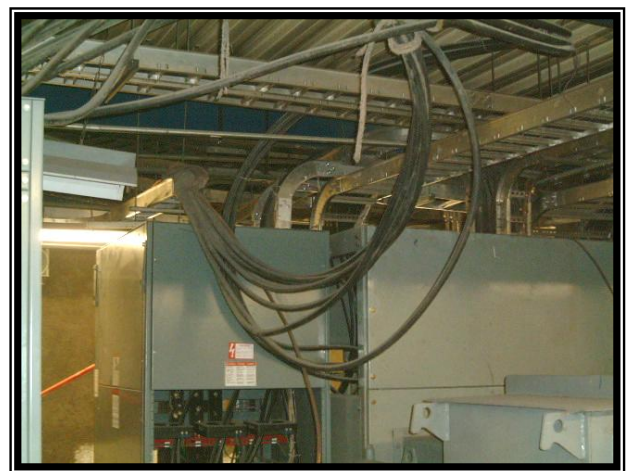


Fig. 2.6



De acuerdo con lo que se pide para una subestación en cuanto a la normatividad vigente, al inspeccionar la subestación antes del proyecto se encontraron las siguientes características:

- En lo que respecta a la instalación se encontró que existía un resguardo a base de candados en las puertas ya que el local destinado a esta subestación eléctrica tiene restringido su acceso y con el objeto de evitar la entrada de personas no calificadas. Cumple con la normatividad vigente (artículo 924-3 NOM-001-SEDE-2005).
- El local de esta subestación deberá estar construida de materiales no combustibles, sin embargo se empleaba como almacén, y para otras actividades que no estaban relacionadas con el funcionamiento y operación del equipo. Así mismo no existía un mantenimiento frecuente ya que se encontraba bastante sucia y con gran deterioro dentro de tableros de distribución, y alrededores del equipo eléctrico. No se encontraron gases o corrosivos. Tiene una ventilación adecuada en la que el equipo opera a su temperatura nominal. Pero en general no cumplía con la normatividad vigente (artículo 924-4 NOM-001-SEDE-2005).
- En esta subestación los pisos son planos, firmes pero había gran cantidad de basura y objetos que obstaculizan el paso libre. Los registros y trincheras no contaban con las tapas adecuadas, por lo que no cumple con la normatividad vigente.
- El local y cada espacio de trabajo tiene un acceso y salida libre de obstáculos. La puerta de acceso y salida del local es corrediza y esta provista de un seguro que permite su apertura, desde adentro.
- La puerta carecía en la parte exterior de un aviso con la leyenda: "PELIGRO ALTA TENSIÓN". Por lo que no cumple con la normatividad vigente (artículo 924-7 NOM-001-SEDE-2005).



- Protección contra incendio. Independientemente de los requisitos y recomendaciones que se fijen en este levantamiento, debe cumplirse la reglamentación en materia de prevención de incendios:

Extintores. Deberán colocarse más extintores, tantos como sean necesarios en lugares convenientes y claramente marcados, situando dos, cuando menos, en puntos cercanos a la entrada de las subestaciones. Para esta aplicación se permiten extintores de polvo químico seco. Los extintores deberán revisarse periódicamente para que estén permanentemente en condiciones de operación y no deberán estar sujetos a cambios de temperatura mayor que los indicados por el fabricante.

- Los tableros se encuentran colocados de tal forma que el operador no está expuesto a daños por la proximidad de partes vivas o partes de maquinaria o equipo en movimiento, pero el espacio alrededor de los tableros no se conservaba despejado debido a cables mal peinados y tableros abiertos.
- Se encontró que existía la puesta a tierra como un medio no efectivo para salvaguardar la seguridad del personal de mantenimiento del daño que pudiera causar el potencial eléctrico en las líneas de energía eléctrica en algunos puntos de la subestación. Y conexiones incorrectas. No cumple con la normatividad vigente (artículo 250, 924-23, 921-9 NOM-001-SEDE-2005).

Se muestra a continuación más fotografías que muestran estos hechos :



La Subestación del Área Internacional



Fig. 2.7 Dentro de la subestación Internacional Planta Baja existen contactos que no están en buen estado, siendo un peligro para los usuarios, por lo que es necesario su cambio.



Fig. 2.8 Dentro de la subestación Internacional Planta Baja, la tierra está conectada a las columnas como se puede observar en la fotografía.



La Subestación del Área Internacional



Fig. 2.9 Dentro del local de la subestación existen lámparas en mal estado, algunas rotas, deformadas, e incluso inservibles por lo que se requiere su reemplazo.



Fig. 2.10 Dentro de la subestación Internacional Planta Baja existe mucho polvo, por lo que se requiere un mantenimiento periódico de limpieza.



La Subestación del Área Internacional

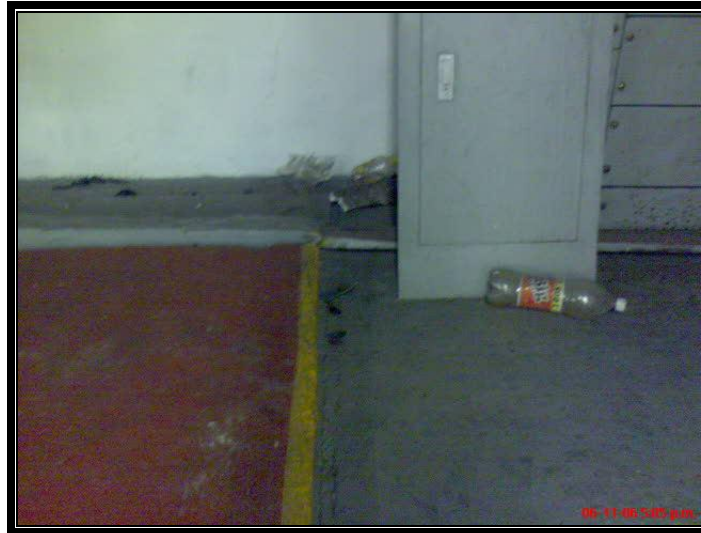


Fig. 2.11 Como se puede observar en esta fotografía, las bases donde se encuentran los gabinetes están pintadas de color rojo, con una franja amarilla que indica precaución y el resto del piso gris, lo cual es correcto. Así mismo se puede observar tapas fuera de su gabinete.



Fig. 2.12 En el área de alta tensión, las tarimas que existen no son las correctas por lo que se requiere que se cambien por las que se apegan a la norma NOM-001-SEDE-2005.



Fig. 2.13 Existen tableros sin tapa como el que se observa en la fotografía, donde se puede tener contacto con las partes vivas fácilmente.

2.3. Características Técnicas del Equipo Eléctrico

La subestación cuenta con una acometida trifásica y una tensión de 23kV a 60Hz que es proporcionada por Compañía de Luz y Fuerza del Centro. El calibre de los conductores es de 500kcm.

Apartarrayos

Cuenta con una protección de apartarrayos clase 24kV, que es el adecuado para una tensión de 23kV, contenido en su gabinete, con lo que la energía de un sobrevoltaje puede ser desviada en una forma controlada.

Los apartarrayos son dispositivos eléctricos formados por una serie de elementos resistivos no lineales, se puede limitar la amplitud de las sobretensiones originadas por descargas atmosféricas, operación de interruptores o desbalanceo del sistema contando con sus tres características principales:

- Comportarse como un aislador mientras la tensión aplicada no excede de cierto valor predeterminado.



La Subestación del Área Internacional



- Convertirse en conductor al alcanzar la tensión ese valor.
- Conducir a tierra la onda de corriente producida por la onda de sobretensión.

Una vez desaparecida la sobretensión y restablecida la tensión normal, el dispositivo de protección es capaz de interrumpir la corriente.

Aparte de esto, el apartarrayos cumple con las siguientes funciones:

- Descargar las sobretensiones cuando su magnitud llega al valor de la tensión disruptiva de diseño.
- Conducir a tierra las corrientes de descarga producidas por las sobretensiones.
- Debe desaparecer la corriente de descarga al desaparecer las sobretensiones.

También es importante comentar que en la zona donde se encuentra ubicado el aeropuerto, el número de descargas atmosféricas es muy frecuente, además, se debe garantizar en todo momento la continuidad del servicio, por lo que de entrada debe descartarse cualquier falla debida a una sobretensión de esta naturaleza que tienen una duración del orden de decenas de microsegundos; o bien, sobretensiones de impulso por maniobra, que son originadas por la operación de los interruptores y que producen ondas con frecuencias del orden de 10 kHz aunque se amortiguan rápidamente y tienen una duración del orden de microsegundos. Y por último, las sobretensiones de baja frecuencia (60 Hz), que se originan durante los rechazos de carga del sistema, por desequilibrios en una red o corto circuito de fase a tierra y que tienen una duración de algunos ciclos.

El apartarrayos con el que cuenta la subestación es del tipo de óxido de zinc (ZnO)



Interruptor en Hexafloruro de Azufre

Se cuenta con un interruptor electromecánico en hexafloruro, el cual está contenido dentro de su correspondiente gabinete cumpliendo con la norma oficial mexicana.

Como sabemos es conveniente tener instalado este tipo de interruptores, ya que entre otras ventajas el volumen de espacio es muy reducido respecto a otro tipo de interruptores, además, dentro de su cámara de extinción, que es donde se contiene el gas, la capacidad dieléctrica de éste es superior a otros fluidos. Por otro lado, se facilitan los intervalos de mantenimiento ya que permite que sean espaciados y sencillos.

A continuación enumeramos las ventajas y desventajas que nos aporta el uso de este interruptor en la subestación.

Ventajas:

- Después de la abertura de los contactos, los gases ionizados no escapan al aire por lo que la apertura del interruptor no producen ruido.
- Tienen alta rigidez dieléctrica, del orden de tres veces la del aire.
- El hexafloruro es estable, expuesto al arco se disocia en SF_4 SF_2 y en fluoruros metálicos, pero al enfriarse se recombinan de nuevo en SF_6 .
- La rigidez dieléctrica del hexafloruro lo hace un medio ideal para enfriar el arco, aún a presiones bajas.
- La presión utilizada para la interrupción del arco es una fracción de la requerida en interruptores neumáticos.
- Otra ventaja que tiene es buena conductividad térmica del orden de tres veces la del aire.

Desventajas:

- El gas es inodoro, incoloro e insípido, por lo que en lugares cerrados se debe tener cuidado de que no existan escapes, ya que por tener mayor



densidad que el aire lo desplaza y provoca asfixia en las personas por falta de oxígeno.

- Los productos del arco son tóxicos y combinados con la humedad producen ácido fluorhídrico, que ataca la porcelana y el cemento de sellado de las boquillas.
- El Sf_6 en la atmósfera contamina 20 veces mas que el CO_2

Fusibles

La subestación cuenta con varios seccionadores con fusibles clase 25kV, cuatro de 63 A y uno de 25 A, los cuales vienen conectados de las barras de 23kV. Con lo que se permite proteger al sistema en general de sobrecorrientes.



Fig 2.14 Sección de alimentadores con sus respectivos fusibles.

Transformadores

Los transformadores de potencia se utilizan en los sistemas eléctricos para elevar o reducir el voltaje en el sistema y como protección del mismo. Se deben tener las precauciones en los transformadores para prevenir calentamientos, sobrecargas, cortos circuitos internos, corrientes parásitas y deterioro del aislamiento. Algunas de las fallas más comunes que ocurren en los transformadores en general se citan en la siguiente tabla:



Fallas en los transformadores

Tipos de fallas.	Causas.
Aislamiento.	Defectos o errores de diseño. Errores de fabricación. Errores de instalación. Envejecimiento de aislamiento. Contaminación.
Eléctrica.	Descargas eléctricas. Switcheos (maniobras). Sobre tensiones dinámicas.
Térmica.	Fallas en el sistema de enfriamiento. Sobre corrientes. Sobre tensiones. Temperaturas ambiente.
Mecánica.	Esfuerzos debidos a sobrecorrientes. Sismos y terremotos. Impacto de objetos extraños. Nieve o hielo.

Tabla 2.2. Fallas en transformadores

En los transformadores se debe considerar el enfriamiento de estos debido al efecto Joule (pérdidas) en el núcleo. A continuación se indican los diferentes métodos de enfriamiento:

Elemento refrigerante.	Símbolo.
Aceite mineral.	O
Gas.	G
Agua.	W
Aire.	A
Tipo de circulación.	Símbolo.
Natural.	N
Forzada.	F
Métodos de enfriamiento.	Símbolo.
Sumergido en aceite, con circulación natural de aire.	OA
Sumergido en aceite con enfriamiento propio, con circulación de aire forzado.	OA/FA
Sumergido en aceite con enfriamiento propio, con enfriamiento con aceite forzado-aire forzado.	OA/FOA/FOA
Sumergidos en aceite, con enfriamiento por aceite forzado con enfriadores de aire forzado.	FOA
Sumergidos en aceite, con enfriamiento de aceite forzado con enfriadores de agua forzada.	FOW
Tipo seco con enfriamiento propio.	AA
Tipo seco con enfriamiento por aire forzado	AFA
Tipo seco con enfriamiento propio y por aire forzado.	AA/FA

Tabla 2.3 Tipos de enfriamiento.



En el caso de la subestación el tipo de enfriamiento que utilizan los transformadores es del tipo OA (sumergido en aceite, con circulación natural de aire). Cuando se tienen potencias moderadas o de media tensión generalmente es necesario un método de enfriamiento sumergido en aceite con circulación natural de aire, lo cual favorece la evacuación del calor por convección natural de aire conservando su temperatura de enfriamiento.

Además de las circunstancias anteriores se toman en cuenta las condiciones del lugar en el que se va a instalar el transformador, así como su ciclo de operación (con carga base y sobrecarga).

Respecto al mantenimiento que se realiza a los transformadores de la subestación consiste únicamente en revisar que el aceite se encuentre en su nivel de operación además de un cambio periódico de aceite del tanque cuando es necesario. Llevando a cabo también la prueba de rigidez dieléctrica del aceite el cual según la NOM debe romper su rigidez a un valor mayor de 25kV.

En ocasiones el aislamiento toma un factor muy importante en la vida útil de la máquina eléctrica en este caso, del transformador. Por ello la característica del aislamiento es afectada por la forma de los electrodos, material dieléctrico así como gradientes de temperatura. Estos factores se toman muy en cuenta para el diseño del aislamiento y así garantizar el factor de seguridad.

El material principal del aislante es aceite y papel y se puede utilizar en menor proporción vidrio, madera, porcelana y silicón. A continuación se muestran la clasificación de aislamientos:

Clasificación de IEEE.	
Clase de aislamiento.	Temperatura límite en °C
O	90
A	105
B	130
F	155
H	180
C	220

Tabla 2.4 Aislamiento



El aislamiento entre bobinas y respecto a tierra, constituyen el aislamiento principal que tiene la mayor importancia del transformador.

Tableros de Interruptores Electromagnéticos

En la etapa de baja tensión se manejan los voltajes de utilización de 440V y 220V donde se tienen instalados los diferentes tableros que contienen los interruptores termomagnéticos y donde se encuentran también, conectadas las diferentes cargas. En el caso de existir algún corto circuito en uno de sus puntos de su zona de protección, se abren automáticamente y basta con restablecerlo para que opere de nuevo una vez librada la falla.

El sistema eléctrico de la subestación contaba con varios interruptores electromagnéticos, en su mayoría trifásicos y de un valor de 1600 A. este valor como podremos ver a continuación es mayor que la corriente nominal del transformador. Esto se hace con el fin de que la corriente que se consume por la carga no rebase ni siquiera el valor del interruptor ya que en ese caso se abre inmediatamente.

La forma de calcular ese valor se ilustra a continuación:

POTENCIA DEL TRANSFORMADOR: 1000kVA

$$I_{nom} = 1000 \text{ kVA} / (\sqrt{3} * 440 \text{ V}) = 1445.086 \text{ A}$$

Por lo que el valor comercial del interruptor corresponde a 1600[A], sin embargo según la NOM se debe tomar para transformadores de 600V o menos en el lado del secundario el 125% de la corriente nominal para conocer el valor final del dispositivo de protección contra sobrecorriente; que en este caso sería:

$$1445.086 \text{ A} * 1.25 = 1806.3575 \text{ A}$$



por lo que basta para decir que en este sentido actualmente no se cumple con la norma para el dimensionamiento de estos dispositivos. Sin embargo, el dispositivo servirá en caso de llegar a una sobrecorriente de sobrecarga.

Plantas de Emergencia.

El suministro de energía eléctrica actualmente es de gran importancia en la alimentación de los sistemas eléctricos, ya que perturbaciones en la red de alimentación pueden causar alteraciones desde el punto de vista operativo, técnico y económico. Por éstos es necesario tener una fuente de respaldo que cumpla con los requerimientos del sistema.

En la subestación internacional de la ciudad de México, se cuenta con un respaldo de tres plantas de emergencia, las cuales tienen repartidas las cargas de la

subestación de forma adecuada para respaldar en cualquier momento la falta de energía comercial. Estas formas de alimentación son aplicaciones auxiliares, donde esta fuente constituye una especie de seguro eléctrico en caso de fallar el suministro normal de energía.

Las plantas instaladas son de motor de combustión interna y utilizan diesel, lo cual implica cierta ventaja respecto a las que utilizan gasolina o gas, ya que el combustible es más barato, desarrollan más potencia, mayor eficiencia y aprovechan mejor la energía térmica desprendida del combustible.

Su operación es automática, es decir, opera por sí sola realizando cinco funciones principales:

- a) Arrancar
- b) Proteger
- c) Transferir carga
- d) Retransferir carga
- e) Paro



La secuencia de operación se explica como sigue:

1.- Falla la alimentación normal o principal.

Instantáneamente el interruptor de transferencia (tipo contactor magnético) sale de la posición normal " N" y pasa a la posición fuera "F". Al mismo tiempo el circuito de control de transferencia y paro manda señales al:

- Interruptor de transferencia para que este se prepare para pasar a la posición de emergencia "E".
- Control maestro para que éste a su vez, mande la señal de arranque de la planta y lo proteja contra falla de arranque, alta temperatura, baja presión de aceite y sobrevelocidad.

Entre ocho y diez segundos aproximadamente, la planta genera a toda su capacidad y el interruptor de transferencia se pasa a la posición de emergencia, alimentándose así la carga con la alimentación de emergencia; a esta; operación se le denomina **transferencia**.

En el caso de interruptores termomagnéticos y de interruptores electromecánicos, estos no se desconectan instantáneamente, sino que, hasta que hay generación de voltaje del generador se desconecta de la posición normal a la de emergencia sin quedar en la posición FUERA en ningún momento.

2.- Se restablece la alimentación normal

El circuito de control de transferencia y paro detecta la presencia de la alimentación y:

- A los cuatro minutos (tiempo ajustable) manda la señal al interruptor de transferencia para que haga la retransferencia o sea que pase de la



posición "E" (emergencia) a la posición "N" (normal). Se da este tiempo para dar oportunidad a la alimentación normal de restablecerse completamente, aunque también es variable dependiendo de la zona en que esté instalada la planta.

Cuatro minutos después (tiempo ajustable) manda la señal al control maestro para que éste de la señal de paro de la planta. Se da este tiempo para dar oportunidad a la unidad para que ésta disipe el calor excesivo, lográndose con ello una mejor conservación del motor. Respecto al mantenimiento puede ser mecánico o eléctrico, que a grandes rasgos a lo concerniente al mantenimiento mecánico se trata de una afinación general como a cualquier motor de combustión interna.

En lo que respecta al mantenimiento eléctrico se debe de ejercitar la planta. Existen dos formas de ejercitar la planta una es con carga y la otra sin carga. La ejercitación de la planta SIN CARGA debe realizarse por lo menos una vez a la semana por un lapso de tiempo de 10 a 15 minutos máximo (generalmente cada fin de semana). La ejercitación de la planta CON CARGA debe realizarse por lo menos una vez al mes durante ½ o 1 hora máximo (también generalmente el fin de semana), además de esto se debe hacer una revisión general de las conexiones y del sistema eléctrico interno de la planta como por ejemplo el sistema de encendido.

Cuando se describió anteriormente la secuencia de operación, se mencionó al sistema de control de transferencia.

El circuito de Control de Transferencia y Paro es la unidad que se encarga de:

- Censar el voltaje de alimentación.
- Dar señal de arranque a la planta cuando el voltaje falta, baja o sube de un nivel adecuado.
- Preparar al interruptor de transferencia para que haga su cambio (transferencia).



- Dar señal al interruptor de transferencia para que haga el cambio cuando se normaliza la alimentación (retransferencia).
- Retardar la retransferencia para dar tiempo a la compañía suministradora de normalizar su alimentación.
- Retardar la señal de paro al motor para lograr su enfriamiento.
- Mandar la señal de paro al motor a través del control maestro.
- Programar el arranque de la planta para ejercitarla (diario o normalmente).
- Mantener cargado al acumulador;
- Permitir un simulacro de falla de la compañía suministradora.

Así mismo los componentes de transferencia y paro son los siguientes:

- Un censor de voltaje.
- Un relevador de carga.
- Un relevador auxiliar de carga (en algunos tipos de plantas).
- Un relevador de tiempo de retransferencia.
- Un relevador de tiempo de paro.
- Fusibles de protección.
- Mantenedor de carga del acumulador.

Por último cabe decir que no se cuentan con trampas acústicas sobre las plantas, por lo que generan un nivel considerablemente alto de ruido al momento de operar.

DATOS DE PLACA DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS DE LA SUBESTACIÓN

SUBESTACIÓN	
Tipo	COMPACTA
Fusible	Módulo 66 = 160 A Módulo 65 = 16 A Módulo 20-23 = 63 A Módulo 19 = 25 A
Clase	25 kV

Tabla 2.5



Fig. 2.15. Subestación de media tensión 23 kV

DATOS DE PLACA DE LOS TRANSFORMADORES DE LA SUBESTACIÓN



Fig. 2.16. Transformador 23 kV- 440 V / 254 V 1000 kVA



La Subestación del Área Internacional



TRANSFORMADOR TR1 EN ACEITE	
Capacidad	1000[kVA]
Tensión	23kV-440Y/254[V]
Frecuencia	60[Hz]
Marca	VOLTRAN.
Tipo	Subestación
Impedancia	7.33%
Altitud	2350[MSNM]
Neutro aterrizado	Si.

Tabla 2.6

INTERRUPTOR ELECTROMAGNÉTICO GENERAL DEL TR1 DE 1000 kVA	
Marca	MERLIN GERIN MASTERPACT NW16H1
In	MAX 1600 A
Ui	1000V
Uimp	12 kV
Frecuencia	50/60 Hz
Ue	440V 690V
Ics (=lcu)	65 kA
Icw/ 0.5 S	65 kA

Tabla 2.7

TRANSFORMADOR TR2 EN ACEITE	
Capacidad	1000[kVA]
Tensión	23kV-440Y/254[V]
Frecuencia	60[Hz]
Marca	VOLTRAN.
Tipo	Subestación
Impedancia	7.23%
Altitud	2350[MSNM]
Neutro aterrizado	Si.

Tabla 2.8



INTERRUPTOR ELECTROMAGNÉTICO GENERAL DEL TR2 DE 1000 kVA	
Marca	MERLIN GERIN MASTERPACT NW16H1
In	MAX 1600 A
Ui	1000V
Uimp	12 kV
Frecuencia	50/60 Hz
Ue	440V 690V
Ics (=Icu)	65 kA
Icw/ 0.5 S	65 kA

Tabla 2.9

TRANSFORMADOR TR3 EN ACEITE	
Capacidad	1000[kVA]
Tensión	23kV-440Y/254[V]
Frecuencia	60[Hz]
Marca	VOLTRAN.
Tipo	Subestación
Impedancia	7.37%
Altitud	2350[MSNM]
Neutro aterrizado	Si.

Tabla 2.10

INTERRUPTOR ELECTROMAGNÉTICO GENERAL DEL TR3 DE 1000 kVA	
Marca	MERLIN GERIN MASTERPACT NW16H1
In	MAX 1600 A
Ui	1000V
Uimp	12 kV
Frecuencia	50/60 Hz
Ue	440V 690V
Ics (=Icu)	65 kA
Icw/ 0.5 S	65 kA

Tabla 2.11

TRANSFORMADOR TR4 EN ACEITE	
Capacidad	1000[kVA]
Tensión	23kV-440Y/254[V]
Frecuencia	60[Hz]
Marca	VOLTRAN.
Tipo	Subestación
Impedancia	7.43%
Altitud	2350[MSNM]
Neutro aterrizado	Si.

Tabla 2.12



INTERRUPTOR ELECTROMAGNÉTICO GENERAL DEL TR4 DE 1000 kVA	
Marca	MERLIN GERIN MASTERPACT NW16H1
In	MAX 1600 A
Ui	1000V
Uimp	12 kV
Frecuencia	50/60 Hz
Ue	440V 690V
Ics (=Icu)	65 kA
Icw/ 0.5 S	65 kA

Tabla 2.13

TRANSFORMADOR SECO TR-SEC-01	
Capacidad	300[kVA].
Tensión	440-220/127[V].
Frecuencia	60[Hz].
Tipo	SECO.
Clase	AA.
Impedancia	4.5%

Tabla 2.14

TRANSFORMADOR SECO TR-SEC-02	
SIN PLACA DE DATOS	

Tabla 2.15

TRANSFORMADOR SECO TSA	
Capacidad	225[kVA].
Tensión	440-220/127[V].
Frecuencia	60[Hz].
Tipo	SECO.
Clase	AA.

Tabla 2.16

TRANSFORMADOR SECO TSB	
Capacidad	225[kVA].
Tensión	440-220/127[V].
Frecuencia	60[Hz].
Tipo	SECO.
Clase	AA.

Tabla 2.17



DATOS DE PLACA DE LAS PLANTAS DE EMERGENCIA DE LA SUBESTACIÓN



Fig. 2.17. Planta de emergencia G1

PLANTA DE EMERGENCIA G1	
Capacidad	EN EMERGENCIA 500[kW], 625 [kVA]
Tensión	220/440[V]
Frecuencia	60[Hz]
Marca	IGSA.
Motor	CUMMINS MODEL KTA19G4
Serie	37185801
Generador	MARATHÓN ELECTRIC
Serie	WA517533-1298
Tipo de combustible	DIESEL
Capacidad del tanque	500 lts

Tabla 2.18

INTERRUPTOR ELECTROMAGNÉTICO DE PROTECCIÓN PARA LA PLANTA DE EMERGENCIA G1
SIN DATO

Tabla 2.19



DATOS DE PLACA DEL TABLERO DE TRANSFERENCIA TABLERO TRANSFER PARA G1 (27)	
Capacidad	500[kW]
Tensión	440/254[V]
Marca	GENCON IGSA
Tablero de fuerza	<ul style="list-style-type: none"> • Normal: ABB SACE F2 In 1250 A, Ue 690 V, Icw 50kA • Emergencia: ABB SACE F2 In 1250 A, Ue 690 V, Icw 50kA

Tabla 2.20 Esta transferencia alimenta a los transformadores tipo seco TSA (24) Y TSB (25).

PLANTA DE EMERGENCIA G2	
Capacidad	EN EMERGENCIA 400[kW], 500 [kVA]
Tensión	440[V]
Frecuencia	60[Hz]
Marca	INDUSTRIAL S. A POTENCIA
Motor	SIN DATO
Generador	INDUSTRIAL S. A POTENCIA
Serie	I139007952-1
Tipo de combustible	DIESEL
Capacidad del tanque	500 lts

Tabla 2.21

INTERRUPTOR ELECTROMAGNÉTICO DE PROTECCIÓN PARA LA PLANTA DE EMERGENCIA G2
700 A

Tabla 2.22

DATOS DE PLACA DEL TABLERO DE TRANSFERENCIA TABLERO TRANSFER TT-2 PARA G2	
Capacidad	400[kW]
Tensión	440/254[V]
Marca	GENCON IGSA
Tablero de fuerza	<ul style="list-style-type: none"> • Normal: MERLIN GERIN In 800 A, Ui 1000 V, Icw 65kA • Emergencia: MERLIN GERIN In 800 A, Ui 1000 V, Icw 65kA

Tabla 2.23



La Subestación del Área Internacional



PLANTA DE EMERGENCIA G3	
Capacidad	EN EMERGENCIA 530[kW], 625 [kVA]
Tensión	220/440[V]
Frecuencia	60[Hz]
Motor	CUMMINS MODEL QSX1569
Serie	79019303
Generador	WEG INDUSTRIAS S. A
Serie	1207320503
Tipo de combustible	DIESEL
Capacidad del tanque	500 lts

Tabla 2.24

INTERRUPTOR ELECTROMAGNÉTICO DE PROTECCIÓN PARA LA PLANTA DE EMERGENCIA G3	
Marca	ABB SACE S7
Iu	1250 A
Ue	690V
Frecuencia	50/60 Hz
Icw	36 kA

Tabla 2.25

DATOS DE PLACA DEL TABLERO DE TRANSFERENCIA	
TABLERO TRANSFER TT-1 PARA G3	
Capacidad	530[kW]
Tensión	440/254[V]
Marca	OTTOMOTORES DALE ELECTRIC
Tablero de fuerza	<ul style="list-style-type: none">Normal: ABB SACE E1B12 Iu 1250 A, Ue 690 V, Icw 36kAEmergencia: ABB SACE E1B12 Iu 1250 A, Ue 690 V, Icw 36kA

Tabla 2.26

PLANTA DE EMERGENCIA G4	
Capacidad	EN EMERGENCIA 60[kW], 75[kVA]
Tensión	220/127[V]
Frecuencia	60[Hz]
Motor	CUMMINS
Serie	45384427
Generador	STAMFORD NEWAGE INTERNATIONAL
Serie	C070955/02
Tipo de combustible	DIESEL
Capacidad del tanque	500 lts

Tabla 2.27



La Subestación del Área Internacional



INTERRUPTOR ELECTROMAGNÉTICO DE PROTECCIÓN PARA LA PLANTA DE EMERGENCIA G4
1000 A

Tabla 2.28

DATOS DE PLACA DEL TABLERO DE TRANSFERENCIA TABLERO TRANSFER PARA G4 (29)

Capacidad	250[kW]
Tensión	220/127[V]
Marca	OTTOMOTORES DALE ELECTRIC
Tablero de fuerza	<ul style="list-style-type: none">• Normal: ABB SACE S6D lu 800 A, Ue 690 V• Emergencia: ABB SACE S6D, lu 800 A, Ue 690 V

Tabla 2.29



CAPITULO 3

Proyecto y supervisión de las obras

3.1 Obra Civil.

Demoliciones y desmontajes por unidad de obra terminada.

En lo que respecta a la obra civil para la remodelación de la subestación, se tendrá que derribar, demoler, desmantelar, o desmontar cualquier tipo de construcción, que considere o involucre el diseño. El material, producto de demoliciones o desmontajes sin recuperación, será retirado de la obra y el alcance del estimado de costo incluirá las respectivas cargas y acarrees, ya sea vertical u horizontal hasta el sitio de acopio y posterior retiro a tiro libre fuera de la obra. Los materiales indicados con recuperación parcial o total, es decir que corresponden a desmontajes, deberán contemplar en el estimado de costo la carga y el acarreo vertical y horizontal hasta el sitio del almacenaje dentro de la obra, así como los materiales auxiliares para su protección y estiba, durante el tiempo que dure su almacenamiento. Todos los materiales provenientes de los desmontajes, desmantelamientos, etc. son propiedad de Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), salvo en los casos donde se acuerde la forma diferente con la dirección de obra. El acarreo de material producto de las demoliciones y desmontajes deberá realizarse en forma constante, evitando almacenamiento de materiales en las zonas de trabajo.

Para la demolición de estructuras de concreto reforzado se deberán tomar las precauciones necesarias para evitar riesgos y daños de la estructura, realizando los apuntalamientos, obras falsas y provisionales necesarias, previas de demolición; lo anterior también deberá considerarse en el estimado de costo, así como, los daños que pudiesen causar los materiales con recuperación en si o los circundantes que pudieran ser dañados al realizar el trabajo. Las medidas anteriores también serán conducentes a evitar riesgos al personal a su cargo. Se



realizará un inventario detallado y actualizado de todos los materiales recuperados producto de los desmontajes, conforme al avance de obra, también se deberá adoptar un método adecuado para numerar las piezas que integran muebles, cancelas, etc. para su posterior reubicación y ensamblaje.

Cuando se trate de demoliciones o desmontajes, se deberá realizar un levantamiento previo a su ejecución, solicitando autorización de la dirección de obra. Estos trabajos deberán realizarse por etapas, con una secuela adecuada aprobada por la misma dirección de obra. Se usará equipo cuando se juzgue conveniente y previo acuerdo con la dirección de obra con el principal propósito de no dañar la construcción y sus correspondientes instalaciones y acabados más allá de los límites contemplados en el diseño o indicados por la dirección de obra.



Figura 3.1 Muestra parte de los trabajos de demolición en la obra civil.

Construcción de pisos y bases de concreto

En la construcción de pisos se observará, en términos generales, lo siguiente:

- A) Invariablemente se ajustarán a los niveles que se estipulen, mediante el empleo de las maestras (herramienta utilizada para



establecer el nivel entre el piso nuevo y el construido con anterioridad) necesarias.

B) Los ductos y/o tuberías invariablemente se colocarán e instalarán previamente a la construcción de los pisos correspondientes.

C) Cuando lo fije el proyecto, se pulirán y brillarán con los materiales y el procedimiento establecido.

D) Salvo indicación en contrario, se protegerá la superficie terminada mientras dure la construcción del resto de la obra.

E) En pisos de cemento se observará, en términos generales, lo siguiente: cuando se construyan sobre una losa de concreto: La distancia entre maestras para marcar los niveles del piso acabado, no excederá de dos metros, en dos direcciones perpendiculares entre sí.



Fig. 3.2 Base de concreto para la ubicación de planta de emergencia

Salvo indicación en contrario deberán construirse en forma integral con la losa, para lo cual sobre la superficie fresca del colado se esparcirá en forma uniforme cemento en polvo, a razón de tres kilogramos por metro cuadrado, el acabado se hará a mano con llana metálica, o con máquina, el piso se deberá curar durante un periodo mínimo de setenta y dos horas, utilizando el procedimiento que autorice previamente el organismo.



Para efectos de pago la unidad de medición será el metro cuadrado (con aproximaciones de dos decimales), y en todos los casos incluye: elaboración del concreto, aceros, cimbrado, colado, vibrado, acabado pulido integral o lo que indique el proyecto y/o el organismo, curado, etc.

Cadenas y castillos por unidad de obra terminada.

Se construirán de concreto hidráulico y acero de refuerzo con límites de resistencia especificados; se armarán conforme al tipo de sección que se indica en el proyecto y cadena o castillo de que se trate.

Se colocará el concreto compactado o vibrado según el caso. Se dejarán las juntas de construcción separadas para continuar el colado, así como el tramo armado necesario para efectuar los traslapes.

Recubrimientos, aplanado fino por unidad de obra terminada.

A los muros se les aplicará un recubrimiento a base de mortero cemento-arena en proporción 1:5 con un acabado fino. En la construcción de los recubrimientos se observará en términos generales, lo siguiente:

- a) En cada caso el proyecto fijará el tipo de recubrimiento y los materiales que deberán emplearse.
- b) El desplome máximo tolerable en elementos verticales será de uno a trescientos (1:300).
- c) En elementos horizontales o inclinados la máxima separación admisible entre el plano de proyecto y el recubrimiento colocado, no será mayor de uno a quinientos (1:500) con respecto a la menor de las dimensiones del paño recubierto.
- d) Antes de ejecutar los recubrimientos se colocarán los ductos y/o tuberías de las instalaciones necesarias.



- e) Los emboquillados se harán a regla o a nivel y a plomo, de acuerdo con lo indicado en los incisos b) y c) de este párrafo, paralelamente a los contra marcos de puertas y ventanas y en otros tipos de claros, se usará el material que fije el proyecto, con el mismo espesor del recubrimiento y cuidando de no obstaculizar el funcionamiento de puertas y ventanas.

Pintura vinílica en muros y plafones por unidad de obra terminada.

Finalmente para el acabado de la obra civil se aplicará pintura vinílica a base de agua en muros y techos, en colores que indique la supervisión, a dos manos o hasta dejar la superficie totalmente recubierta. Antes de aplicar la pintura, la superficie deberá ser limpiada hasta dejarla libre de contaminante, polvo o cualquier otro elemento que no permita buena adherencia entre la pintura y la superficie.

Herrería por unidad de obra terminada.

En la elaboración de herrería, se observará en términos generales, lo siguiente:

- a) El proyecto indicará en cada caso el tipo y la calidad de los materiales que se empleen.
- b) Deberán llevar los refuerzos y anclajes de la forma, materiales y dimensiones que fije el proyecto.
- c) El proyecto indicará en cada caso el tipo y la calidad de los materiales que se empleen.
- d) La unión definitiva entre los elementos que formen una pieza deberá ejecutarse de acuerdo con lo que fije el proyecto, por medio de uno de los siguientes sistemas: 1) Soldadura eléctrica, 2) Atornillado, 3) Remachado y/o 4) engargolado.



- e) Aplicación de pintura de esmalte alquídico color gris en herrería de perfiles tubulares hasta dejar la superficie totalmente recubierta, antes de aplicar la pintura.

Limpieza de trinchera principal.

Se debe limpiar y retirar toda la basura de la trinchera principal en la subestación del Área Internacional del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

La limpieza de la trinchera de la subestación del Área Internacional se hará por medios manuales para evitar cualquier daño a los cables y ductos que se encuentran en esta.

Suministro y colocación de tapajuntas.

Se deberán suministrar y colocar las tapajuntas correspondientes en la subestación del Área Internacional del Aeropuerto para evitar cualquier tipo de accidente. Serán de lámina galvanizada de calibre 14 y se fijarán de un solo lado.

3.2 Obra Electromecánica.

Sustitución e instalación de los tableros de distribución.

Retiro de subestación compacta.

El equipo a retirar es una subestación compacta formada por dos partidas: Celdas de media tensión y Transformador de 750 kVA enfriamiento OA.

Actualmente la subestación se encuentra sin energía y fuera de servicio, por lo que se retiró el equipo contemplando los siguientes puntos:

1. Retiro del equipo al sitio indicado.
2. Remoción de equipos auxiliares.
3. Resane y repintado de la zona.
4. Limpieza del sitio.



Sustitución de tableros de distribución autoportados en baja tensión.

Es importante considerar para llevar a cabo la sustitución de los tableros, el retiro del equipo actual, adecuar el servicio provisional para obtener la continuidad de servicio mientras se hace la sustitución de tableros, e incluir todas las actividades y trabajos, que se deben desarrollar para cumplir los compromisos de acuerdo al proyecto.



Fig. 3.3. Tablero autoportado en baja tensión que será removido para su reemplazo.

Los tableros autoportados pertenecientes al suministro de energía eléctrica del transformador TR1, TR2, TR3 y TR4 se encuentran en condiciones no recomendadas para su operación y servicio, ya que presentan deterioro por corrosión y en algunos casos se encuentran incompletos, por lo que es necesaria su sustitución ya que un mantenimiento no sería suficiente además de no existir refacciones para su arreglo. Por lo antes mencionado es necesario retirar cada uno de los tableros del área de la subestación y sustituirlos por equipos nuevos de características similares. Para lograr la continuidad de servicio que los usuarios del aeropuerto requieren se requiere la instalación de un tablero provisional alimentado por una planta generadora de emergencia, que se le ha denominado



planta de apoyo, para que con este servicio los usuarios dependientes de estos tableros tengan energía eléctrica mientras se hace el cambio.

Servicio provisional.

El alcance de trabajo propuesto comprende una instalación provisional para mover y reconectar todos los cables e interruptores indicados en el diagrama unifilar del levantamiento, siguiendo los siguientes pasos:

- 1.- Identificación de todos los cables y conductores, activos, neutros y de tierra.
- 2.- Instalación de un tablero provisional similar al tablero en uso.
- 3.- Instalación de la planta de apoyo y conexión al tablero provisional.
- 4.- Retiro de los cables del tablero actual y su conexión al tablero provisional.
- 5.- Retiro del tablero actual.
- 6.- Instalación del tablero nuevo.
- 7.- Conexión del tablero nuevo a su fuente.
- 8.- Conexión de los circuitos derivados al tablero nuevo.
- 9.- Retiro del servicio provisional.

Para la sustitución de tablero se hacen las siguientes recomendaciones.

- Tener el nuevo tablero completo con sus interruptores principales y/o derivados preparado, probado y listo para entrar en servicio, en la posición que marque el proyecto, previo retiro del tablero original.
- Antes de retirar el tablero original debe de tenerse el tablero de apoyo energizado y con los interruptores adecuados para hacer la sustitución de tableros. Comprobando que ambos tableros son similares o que el nuevo tablero tiene las condiciones adecuadas a la carga por servir.
- El tablero de apoyo debe contar con todo su cableado tanto en el circuito alimentador como en los circuitos derivados.



- Una vez hecha la interconexión entre los usuarios y el tablero de apoyo puede procederse con el libramiento y retiro del tablero original o del tablero por sustituir.
- Si por alguna razón el cable del circuito derivado o el cable alimentador al tablero necesita de un empalme o de una extensión de cable, ésta debe hacerse de acuerdo al trabajo que se requiere, es decir, debe añadirse el cable del calibre apropiado y con un empalme permanente de preferencia con conectores soldables a manera de tener el empalme perfectamente localizado y alojado en registros, ductos o charolas, siempre y cuando el empalme y su localización cumplan o superen los registros que marca la Norma Oficial Mexicana.
- Hasta donde sea posible debe evitarse los empalmes, utilizando la longitud extra que guardan los circuitos o una trayectoria nueva de acuerdo a la disposición de charolas, ductos y trincheras de acuerdo a la posición del tablero.
- Una vez retirado todos los circuitos del tablero original y previa liberación de transformador se debe proceder con el retiro del tablero para dejar el espacio libre al equipo futuro.
- Con el espacio libre debe instalarse el tablero nuevo que en el proyecto se identifica con la letra "N" y una vez instalado debe procederse a desconectar el punto de unión entre el circuito de apoyo y el circuito existente para que los cables existentes se conecten finalmente al interruptor definitivo.
- Antes de proceder con la desconexión de circuitos de apoyo el tablero nuevo debe estar perfectamente instalado, probado y en servicio a través de su transformador correspondiente.



- Con el tablero nuevo energizado, conectado y en servicio debe retirarse todo el material y equipo de apoyo.

El local de la subestación internacional tiene altura limitada por lo que los tableros deben tener una altura no mayor a 1.85m. El nuevo tablero debe ser del tipo autoportado con equipo de medición del tipo Power Logic, interruptor principal del tipo electromagnético de operación eléctrica, montaje removible, barras de cobre de 1200 A, soportadas con aisladores de resina epóxica, con una resistencia de 65,000 A rms, las secciones deben venir con tapas desmontables apropiadas para conectar las celdas en forma mecánica y con conectores previstos de fábrica, para interconectar las celdas en forma eléctrica. Todos los interruptores derivados, ya sean del tipo termomagnético o del tipo electromagnético, deben de quedar en una o dos filas montados sobre barras de cobre de plena capacidad y con una capacidad interruptiva mínima no menor a los 42,000 A rms. Todos los interruptores electromagnéticos deben ser removibles y de operación eléctrica con los medios adecuados para su operación manual. La lista de interruptores se indica a continuación:

TABLERO 10

EQUIPO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
MEDICIÓN	1	POWER LOGIC
INTERRUPTOR PRINCIPAL	1	3P x 800 A
BARRAS	JUEGO	1200 A
ESPACIO	1	ESPACIO

Tabla 3.1



TABLEROS 4 y 50

EQUIPO	CANTIDAD	CAPACIDAD	DESCRIPCIÓN
MEDICIÓN	1		POWER LOGIC
INTERRUPTOR PRINCIPAL	1	3P x 1600 A	ELECTROMAGNÉTICO
BARRAS	JUEGO	2000 A	COBRE
INTERRUPTOR DERIVADO	2	3P x 100 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	2	3P x 175 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	1	3P x 200 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	3	3P x 400 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	1	3P x 500 A	TERMOMAGNÉTICO

Tabla 3.2

TABLEROS 8 Y 7

EQUIPO	CANTIDAD	CAPACIDAD	DESCRIPCIÓN
MEDICIÓN	1		POWER LOGIC
INTERRUPTOR PRINCIPAL	1	3P X 1600 A	ELECTROMAGNÉTICO
BARRAS	JUEGO	2000 A	COBRE
INTERRUPTOR DERIVADO	1	3P x 800 A	ELECTROMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	2	3P x 30 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	4	3P x 50 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	1	3P x 70 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	9	3P x 100 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	1	3P x 150 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	1	3P x 400 A	TERMOMAGNÉTICO

Tabla 3.3

TABLERO 5

EQUIPO	CANTIDAD	CAPACIDAD	DESCRIPCIÓN
MEDICIÓN	1		POWER LOGIC
INTERRUPTOR PRINCIPAL	0		SIN
BARRAS	JUEGO	1200 A	COBRE
INTERRUPTOR DERIVADO	6	3P x 30 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	6	3P x 100 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	1	3P x 150 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	2	3P x 300 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	2	3P x 400 A	TERMOMAGNÉTICO

Tabla 3.4



TABLEROS 39 y 40

EQUIPO	CANTIDAD	CAPACIDAD	DESCRIPCIÓN
MEDICIÓN	1		POWER LOGIC
INTERRUPTOR PRINCIPAL	1	3P x 1600 A	ELECTROMAGNÉTICO
BARRAS	JUEGO	2000 A	COBRE
INTERRUPTOR DERIVADO	1	3P x 1200 A	ELECTROMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	1	3P x 800 A	ELECTROMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	1	3P x 30 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	2	3P x 50 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	1	3P x 70 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	1	3P x 100 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	1	3P X 125 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	1	3P x 200 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	2	3P x 400 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	1	3P x 600 A	TERMOMAGNÉTICO

Tabla 3.5

TABLEROS 42

EQUIPO	CANTIDAD	CAPACIDAD	DESCRIPCIÓN
MEDICIÓN	1		POWER LOGIC
INTERRUPTOR PRINCIPAL	0		SIN
BARRAS	JUEGO	1200 A	COBRE
INTERRUPTOR DERIVADO	2	3P x 30 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	2	3P x 100 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	3	3P X 125 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	1	3P X 200 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	4	3P x 300 A	TERMOMAGNÉTICO

Tabla 3.6



TABLEROS 43 y 44

EQUIPO	CANTIDAD	CAPACIDAD	DESCRIPCIÓN
MEDICIÓN	1		POWER LOGIC
INTERRUPTOR PRINCIPAL	1	3P x 1600 A	ELECTROMAGNÉTICO
BARRAS	JUEGO	2000 A	COBRE
INTERRUPTOR DERIVADO	1	3P x 800 A	ELECTROMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	3	3P x 100 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	2	3P x 175 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	5	3P x 400 A	TERMOMAGNÉTICO

Tabla 3.7

TABLEROS 54

EQUIPO	CANTIDAD	CAPACIDAD	DESCRIPCIÓN
MEDICIÓN	1		POWER LOGIC
INTERRUPTOR PRINCIPAL	0		SIN
BARRAS	JUEGO	1200 A	COBRE
INTERRUPTOR DERIVADO	2	3P x 30 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	2	3P x 100 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	2	3P x 125 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	2	3P x 300 A	TERMOMAGNÉTICO
INTERRUPTOR DERIVADO	2	3P x 400 A	TERMOMAGNÉTICO

Tabla 3.8

Dado lo anterior a continuación se muestra una tabla que contiene los tableros reemplazados, así como su correspondiente transformador y número de identificación en planos que le corresponde.

NOMBRE DEL TABLERO REEMPLAZADO	TRANSFORMADOR CORRESPONDIENTE	NUMERO DE TABLA DE ESPECIFICACIONES.
IG4	TR1	4 Y 50
IG1	TR2	8 Y 7
TGE1	TR2	5
IG2	TR4	39 Y 40
TGE2	TR4	42
IG3	TR3	43 Y 44
TGE3	TR3	54

Tabla 3.9 Identificación de tableros reemplazados



Sustitución de tablero de transferencia automática, TT1, TT2, TT3 y TT5.

Los tableros de transferencia originales se encuentran en condiciones de servicio pero es necesaria su sustitución para integrar el equipo de la subestación con una calidad uniforme. Por lo antes mencionado es necesario retirar sólo los tableros indicados y sustituirlos por equipos nuevos de características similares. Para lograr la calidad de servicio que los usuarios del aeropuerto requieren se necesita la instalación de una planta generadora de apoyo, para que los usuarios dependientes de estos tableros tengan energía eléctrica de respaldo mientras se hace el cambio.

Los tableros se identifican con los números TT1; TT2; TT3 y TT5

TABLEROS TT1, TT2, TT3 y TT5

EQUIPO	CAPACIDAD	ESCRIPCIÓN
TT1	800 A	ELECTROMAGNÉTICOS
TT2	800 A	ELECTROMAGNÉTICOS
TT3	800 A	ELECTROMAGNÉTICOS
TT5	2000 A	ELECTROMAGNÉTICOS

Tabal 3.10

Tarimas de seguridad.

Se debe suministrar e instalar de acuerdo al proyecto, Tarimas de Seguridad clase 25 kV para instalación en los pisos de subestaciones eléctricas, al frente de los gabinetes y tableros.

Cuando la partes vivas de un equipo que opera a más de 150 V con respecto a tierra, deben estar resguardadas contra contacto accidental tan sólo por su ubicación en la forma especificada en la NOM-001-SEDE-2005 y cuando durante su operación pudiera ser necesario el ajuste u otra operación del aparato, se deben colocar tarimas aislantes o plataformas convenientemente aisladas de



forma que el operador del aparato no pueda tocar las partes vivas sino cuando se encuentre sobre la tarima o plataforma aislada.

Las tarimas aislantes deben ser adecuadas para un sistema de 23 kV entre fases en conexión delta, por lo que el nivel de aislamiento debe ser clase 25 kV y debe venir en módulos fabricados de fibra de vidrio o material similar, con dimensiones 1.20 x 0.80m o cualquier medida estándar de fabricación nacional adecuadas para dar seguridad al operario de la subestación. Las tarimas deben tener una superficie antiderrapante, ser modulares para formar una tarima en la totalidad del frente de los tableros y los medios adecuados, para su fijación al piso a manera de que no queden sueltas y el operario pueda pararse sobre de ellas con la seguridad que se requiere, para hacer las maniobras y la operación de las subestaciones. Las tarimas deben de tener etiquetas de identificación o letreros grabados, que indiquen el nivel de voltaje recomendado para su utilización.

3.3 Trabajo de Supervisión de Obra.

A este respecto hablaremos de los 6 aspectos que constituyen el trabajo de supervisión y que engloban de forma general las distintas situaciones y problemáticas que se presentaron durante este periodo de labores. El capítulo trata de dar una visión clara de las actividades que se llevaron a cabo para la correcta coordinación de los grupos responsables y que llevaron a concluir de forma satisfactoria y bajo normas oficiales los trabajos de remodelación en la subestación.

Estos 6 aspectos se incluyen en un informe que muestra los avances en el proceso de remodelación, pasando del físico al financiero, un concentrado de reportes de control de calidad e incluso un informe fotográfico.



Programa general de la obra

En el programa general de obra se expresa el avance programado por mes de cada uno de los conceptos a ejecutar proporcionado por la empresa constructora, éste debe respetarse en la medida de lo posible para evitar atrasos y las correspondientes sanciones que esto conlleva.

A continuación se muestra un ejemplo del formato que debe entregar la empresa constructora a la supervisión con los datos que identifican a la obra, el número de concepto o especificación, su descripción y las fechas por mes en las cuales serán realizados los trabajos.

					Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
N°	Especificación	Descripción	Unidad	Cantidad	26 al 31	01 al 30	03 al 31	01 al 31	01 al 06
8	EP.8.1.10	Herrería, puerta abatible 2 hojas de 3.20 x 2.50 m de ancho y alto con fijo de 2.00 x 2.65 m	pza	1					
9	EP.8.1.13	Recubrimiento de superficie con pintura de esmalte en herrería.	m ²	6.00		3 m ²		3 m ²	
10	EP.8.1.15	Limpieza de trinchera con movimiento de rejillas o tapa de concreto.	lote	1					
11	EP.8.1.16	Suministro y colocación de lámina gal. Cal. 14	m	40					
12	EP.8.2.1	Retiro definitivo de Subestación Compacta de 750 kVA	pza	1					
13	EP.8.2.2	Sustitución de tablero autosoportado QDPACK con interruptor de 3 x 1600 A	lote	1		12 de Junio	Al 15 de Julio		
14	EP.8.2.4	Sustitución de Tab IG4 (4) por Tab. Gral. Tipo QDPACK con Inter. De 3 x 1600 A	pza	1		12 de Junio	Al 15 de Julio		

Tabla 3.11 Programa de ejecución de la obra.

Datos generales.

En esta sección es importante la inclusión de los datos que identifican a la obra como son: el nombre de la empresa constructora encargada de los trabajos, el nombre de la obra, asignación del ejercicio (que se refiere al monto de cobro por la conclusión de los trabajos), número de licitación, número de contrato, periodo de



ejecución de los trabajos, fecha de entrega y el anticipo entregado a la empresa constructora para el inicio de las labores.

Croquis de localización de las obras a ejecutar.

Este aspecto no se refiere a otra cosa que a un esquema donde se identifican cada una de las actividades que se llevan a cabo dentro de las instalaciones de la subestación, y que deben ser resaltadas en color mostrando de forma gráfica los avances.

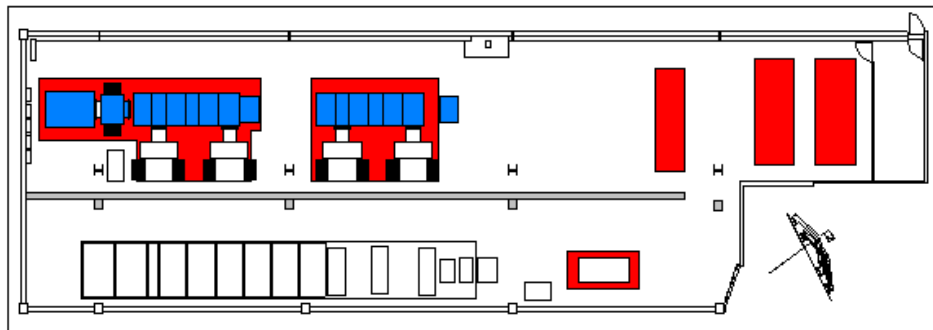


Fig. 3.4. Croquis de localización de las obras

Avance físico.

El siguiente cuadro ejemplifica la manera en la cual fue reportado el avance de las obras por mes, y de acuerdo al programa general de la obra proporcionado por la empresa contratista. En él se especifican las actividades o conceptos por unidad de trabajo terminado, la cantidad y unidad.

Representados por tres distintos colores, se tienen los porcentajes de lo “programado, lo realizado y la cantidad restante por cubrir”. El porcentaje programado lo establece la empresa constructora de acuerdo al programa general de obra que anteriormente ha presentado y entregado a la supervisión, en él se establecen los días en que se espera tener concluido cada concepto. El porcentaje



realizado se obtuvo de haber hecho la medición directa en la zona de trabajo, esto es, que si tomamos como ejemplo la especificación E.P.8.1.1, la cual trata de la demolición de concreto armado, en pisos, bases y sardineles, la supervisión elabora las mediciones adecuadas y así obtiene un porcentaje del 23.25% del total programado. Hay que notar que aunque no se ha alcanzado el 100%, no significa que el concepto no haya sido terminado, es decir, que solo fue necesario elaborar el 23.25% de demoliciones para quedar concluido dicho trabajo. Esto nos permite asegurar que existe un sobrante y que podrá traducirse en un ahorro a la hora de hacer el pago por concepto terminado, de acuerdo a la cantidad real realizada y al precio unitario establecido por la empresa contratista.

Conceptos				Porcentaje de Avance					Concepto Terminado
				May 26 al 31	Jun 1 al 30	Jul 3 al 31	Ago 1 al 31	Sep 1 al 6	
N°	Especificación	Unidad	Cantidad						
1	E.P.8.1.1	m3	10.55	100					Si
				23.25					
				71.75					
2	E.P.8.1.2	m2	93.65	100					No
				48.05					
				51.95					
3	E.P.8.1.5	m	98.65	100					Si
				45.12					
				54.88					
4	E.P.8.1.6	m2	92.5	100					Si
				84.75					
				15.25					
5	E.P.8.1.8	m2	376.85				100		No
							-		
							-		
SIMBOLOGIA									
Programado									
Ejecutado									
Por cubrir									

Tabla 3.12 Avance Físico



Avance Financiero.

Esta parte traduce los porcentajes de avance físico en dinero, con lo cual es posible tener un control de lo que se ha gastado. El cuadro siguiente es muy similar al de Avance Físico, pero toma en cuenta los precios unitarios establecidos por el contratista y la cantidad real efectuada para cada concepto. El concepto E.P.8.1.1 puede servir nuevamente de ejemplo: los \$9,989.58 representan el monto total del concepto para una cantidad inicialmente programada de 10.55 m³, sin embargo, la cantidad real efectuada (según el avance físico) fue de 2.45 m³, por lo que a la empresa contratista solo le corresponde recibir un pago de \$2,821.7 siempre tomando en cuenta que el concepto ha quedado totalmente terminado.

Concepto	Precio unitario	Cant. Prog.	Cant. Ejec.		May	Jun	Jul	Ago	Sep	Concepto Terminado
					26 al 31	1 al 30	3 al 31	1 al 31	1 al 6	
E.P.8.1.1	\$946.88	10.55 m3	2.45 m3	PROG	9,989.58					Si
				EJECUTADO	2,821.70					
E.P.8.1.2	\$258.15	93.65 m2	45 m2	PROG		24,175.75				No
				EJECUTADO		11,624.17				
E.P.8.1.5	\$278.32	98.65 m	44.51 m	PROG		27,456.27				Si
				EJECUTADO		12,388.02				
E.P.8.1.6	\$123.51	92.5 m2	78.39 m2	PROG		11,424.68				Si
				EJECUTADO		9,681.95				
E.P.8.1.8	\$56.41	376.85 m2	0	PROG				21,258.11		No
				EJECUTADO				-		

Tabla 3.13. Avance Financiero

Bitácora de Obra

Se trata de un cuaderno donde cada hoja posee 2 copias (una para la supervisión y otra para la empresa constructora) y en donde se anotan todos los acontecimientos de relevancia durante el periodo de ejecución de los trabajos. Entre todas las personas involucradas en la obra debe acordarse la fecha de su



apertura con objeto de establecer las condiciones y formato de las notas que se hagan en ella. Algunos de los puntos más relevantes son:

- Todas las notas deberán numerarse en forma seriada y fecharse consecutivamente respetando sin excepción el orden establecido.
- Las notas o asientos deberán efectuarse claramente, con tinta indeleble, letra de molde legible y sin abreviaturas.
- Cuando se cometa algún error de escritura, de intención o redacción, la nota deberá anularse por quién la emita, abriendo de inmediato otra nota con el número consecutivo que le corresponda y con la descripción correcta.
- La nota cuyo original y copias aparezcan con tachaduras y/o enmendaduras, será nula.
- No se deberá sobreponer ni añadir texto alguno a las notas de bitácora, ni entre renglones, márgenes o cualquier otro sitio, de requerirse se deberá abrir otra nota haciendo referencia a la de origen.
- Se deberán cancelar los espacios sobrantes de una hoja al completarse el llenado de las mismas.
- Cuando se requiera, se podrán valorar oficios, minutas y circulares, refiriéndose al contenido de los mismos, o bien, anexando copias.
- Deberá utilizarse la bitácora para asuntos trascendentes que deriven del objeto de los trabajos en cuestión.
- Todas las notas deberán quedar, cerradas y resueltas o especificarse qué su solución será posterior, debiendo en este último caso, relacionar la nota de resolución con la que le dé origen.
- El cierre de la bitácora se consignará en una nota que dé por terminado los trabajos.
- Para la autorización de pago de estimaciones, éstas se acompañarán con sus respectivos números generadores y deberán ser firmados por la supervisión quién será la encargada de la revisión y visto bueno de las cantidades de obra ejecutada.



Proyecto y Supervisión de las Obras



Todo cambio, solicitud o trabajo extraordinario que surja durante la ejecución de la obra deberá ser consultado con la supervisión, quién a su vez lo informará al personal autorizado por las autoridades y se procederá a su solución registrando lo conducente en esta bitácora.



CAPITULO 4

Calidad de la energía

Al finalizar los trabajos de remodelación dentro de la subestación se realizaron varias pruebas a los diferentes elementos que componen el sistema con el fin de tener un estudio acerca de la calidad de la energía dentro de la subestación. Se tomaron en cuenta principalmente los parámetros de frecuencia, tensión, corriente, distorsión armónica, factor de potencia y temperatura. En el anexo de esta tesis se muestra el plano de ubicación final de los equipos instalados y el diagrama unifilar que incluye las nuevas conexiones en los equipos (ARQ-02-A, IE-02-A, respectivamente).

Para las pruebas realizadas al los transformadores se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se irán desglosando a continuación.

Cabe mencionar que todos los criterios para las pruebas y resultados estuvieron apegados a la NOM-001-SEDE-2005.

TRANSFORMADOR TR-01.

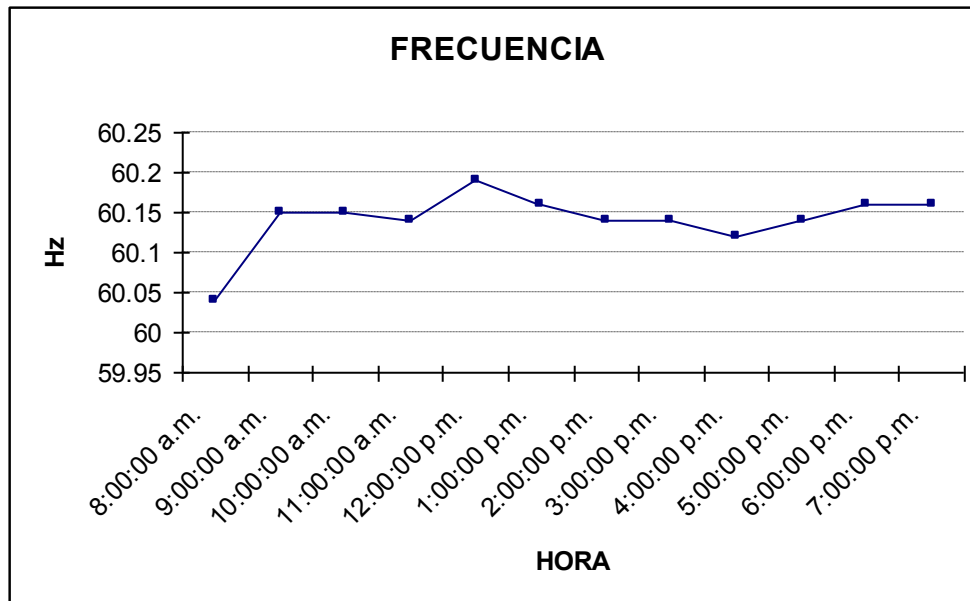
FRECUENCIA.

La frecuencia es la razón a la cual el voltaje o la corriente sube o baja en ciclos por segundo. Su unidad es el hertz (Hz). Un Hz es la variación de un ciclo completo por segundo. En México la frecuencia utilizada es de 60 Hz.

La frecuencia del sistema en cualquier instante, está definida por la relación entre carga y la capacidad disponible de generación, si este balance dinámico cambia, se presentan pequeños cambios en la frecuencia. La duración y magnitud de los



cambios depende de las características de la carga y de la respuesta del sistema de generación ante dichos cambios.



	PROMEDIO (Hz)	MÍNIMO (Hz)	MÁXIMO (Hz)
FRECUENCIA	60.14	60.04	60.19

Como se puede ver en la tabla de resultados el rango va de 60.04 a 60.19 Hz lo cual es aceptable ya que la norma permite el rango de 59.8 a 60.2 Hz.

TENSIÓN DE FASE A FASE.

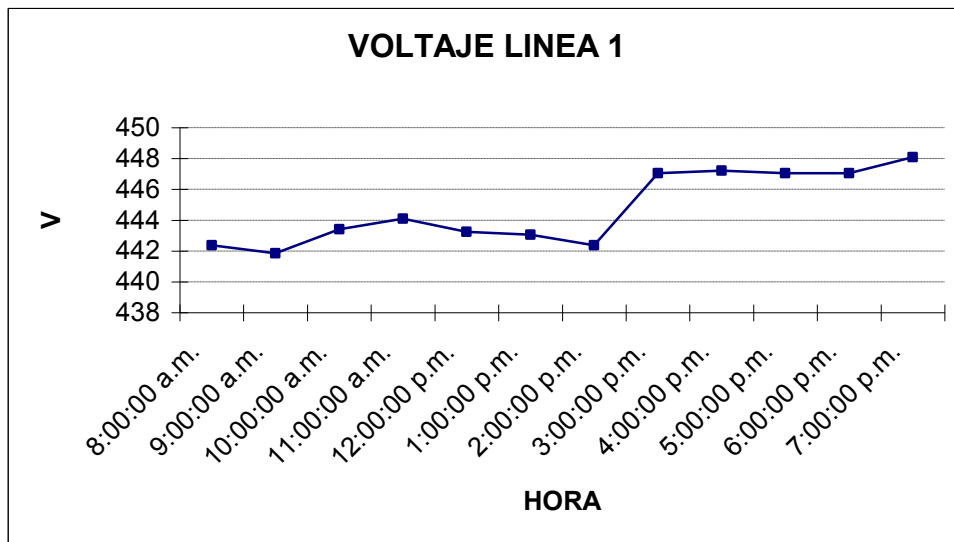
El artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005, dice que las tensiones eléctricas consideradas deben ser aquellas a las que funcionan los circuitos. La tensión eléctrica nominal de un equipo eléctrico no debe ser inferior a la tensión eléctrica real del circuito al que está conectado.



A continuación se mencionan de tensiones normalizadas de un sistema: 120/240V; 220Y/127 V; 480Y/227; 480 V como valores preferentes, 240 V como de uso restringido y 440 V como valor congelado.

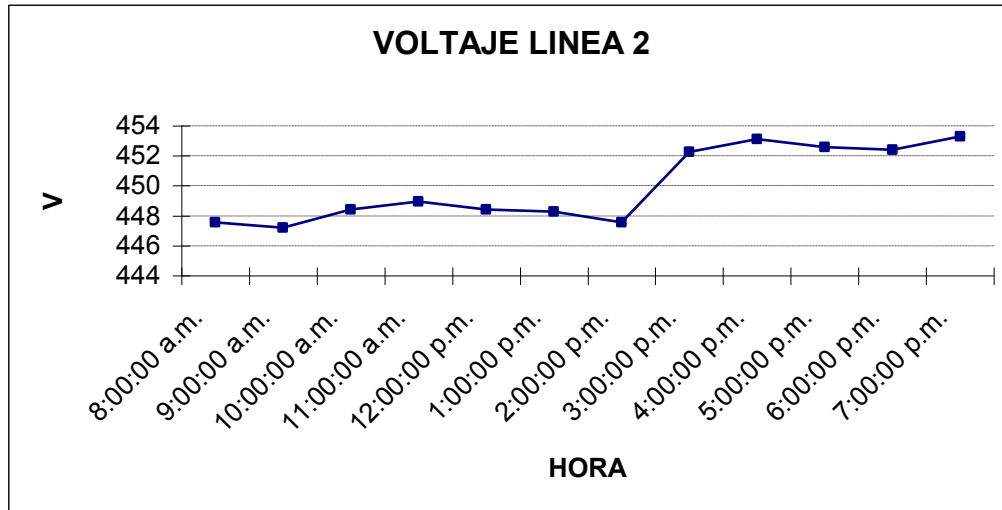
Nota: La tensión eléctrica nominal de un sistema es el valor cercano al nivel de tensión al cual opera normalmente el sistema. Debido a contingencias de operación, el sistema opera a niveles de tensión del orden de $\pm 10\%$ de la tensión eléctrica nominal del sistema para la cual los componentes del sistema están diseñados.

De acuerdo a lo anterior el rango aceptable para un sistema de 440 V es de 396 V a 484 V.



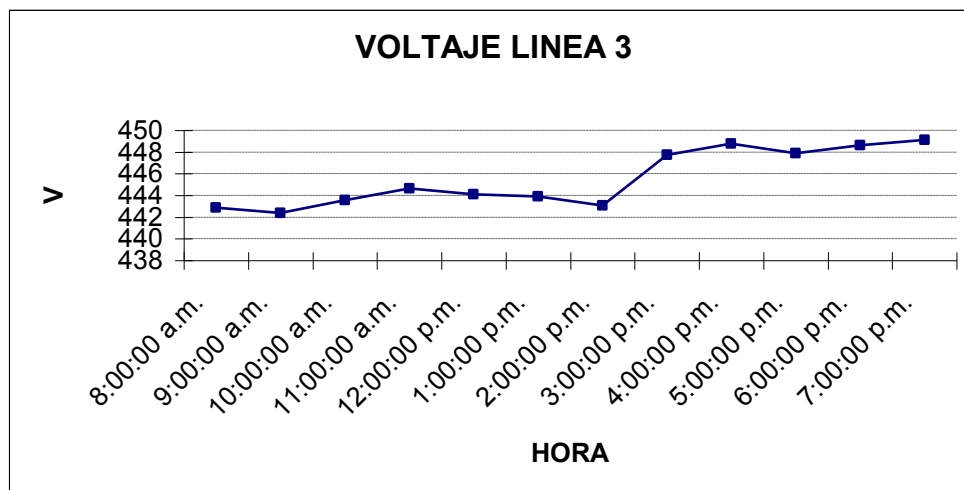
	PROMEDIO (V)	MÍNIMO (V)	MÁXIMO (V)
Vrms Línea 1	444.73	441.84	448.08

El voltaje mínimo entre fase y fase de la línea 1 es de 441.84 [V] y el máximo es de 448.08 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 1 están dentro del rango.



	PROMEDIO (V)	MÍNIMO (V)	MÁXIMO (V)
Vrms Línea 2	450.00	447.21	453.27

El voltaje mínimo entre fase y fase de la línea 2 es de 447.21 [V] y el máximo es de 453.27 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 2 están dentro del rango.



	PROMEDIO (V)	MÍNIMO (V)	MÁXIMO (V)
Vrms Línea 3	445.55	442.36	449.12



El voltaje mínimo entre fase y fase de la línea 3 es de 442.36 [V] y el máximo es de 449.12 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 3 están dentro del rango.

Como resultado tenemos que en las tres líneas, el valor de la tensión es aceptable ya que esta dentro del rango del $\pm 10\%$ que acepta el artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005.

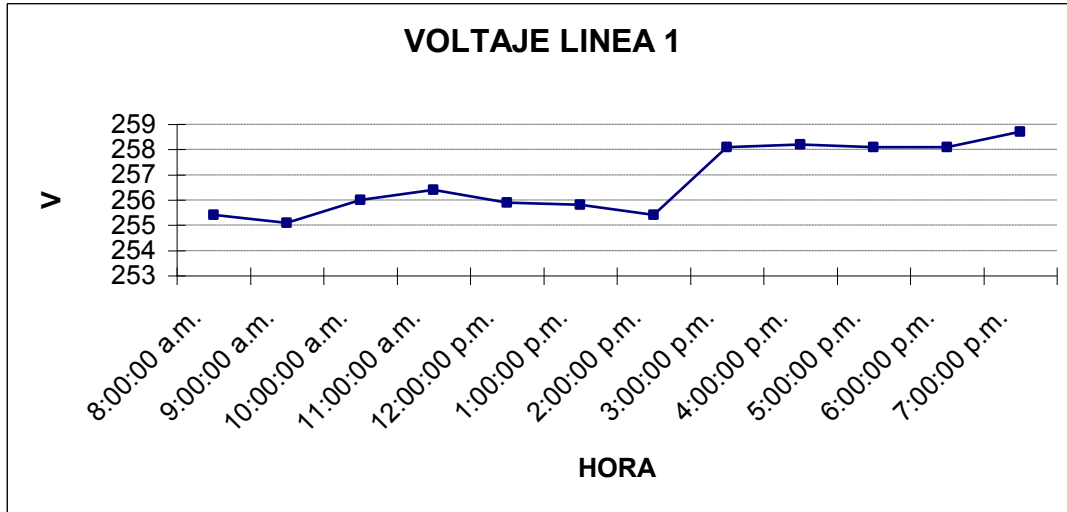
TENSIONES DE FASE A NEUTRO.

El artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005, dice que las tensiones eléctricas consideradas deben ser aquellas a las que funcionan los circuitos. La tensión eléctrica nominal de un equipo eléctrico no debe ser inferior a la tensión eléctrica real del circuito al que está conectado.

A continuación se mencionan de tensiones normalizadas de un sistema: 120/240V; 220Y/127 V; 480Y/227; 480 V como valores preferentes, 240 V como de uso restringido y 440 V como valor congelado.

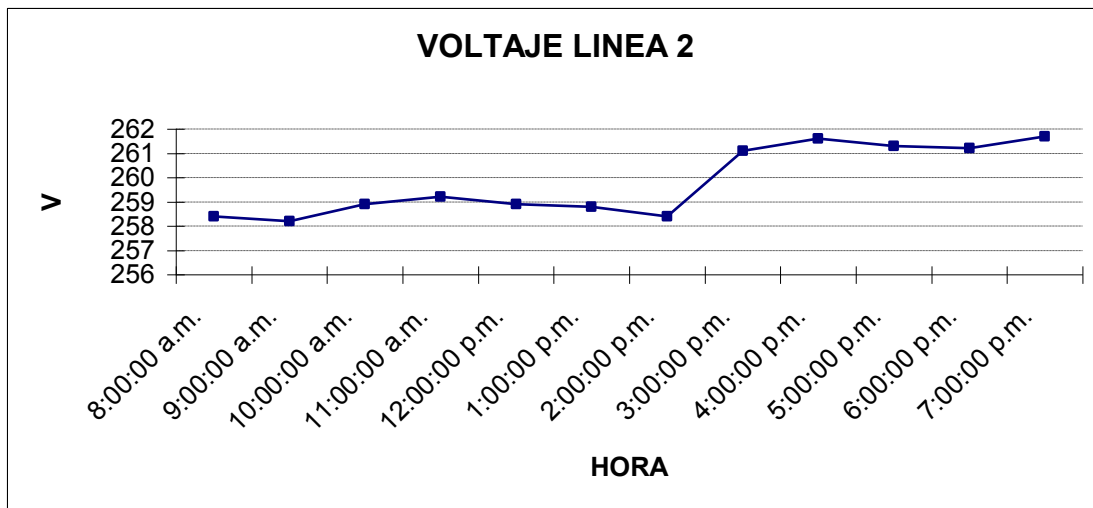
Nota: La tensión eléctrica nominal de un sistema es el valor cercano al nivel de tensión al cual opera normalmente el sistema. Debido a contingencias de operación, el sistema opera a niveles de tensión del orden de $\pm 10\%$ de la tensión eléctrica nominal del sistema para la cual los componentes del sistema están diseñados.

De acuerdo a lo anterior el rango aceptable para un sistema de 254 V es de ± 25.4 V, lo que equivale a un rango de 228.6 V a 279.4 V



	PROMEDIO (V)	MÍNIMO (V)	MÁXIMO (V)
Vrms Línea 1	256.76	255.1	285.7

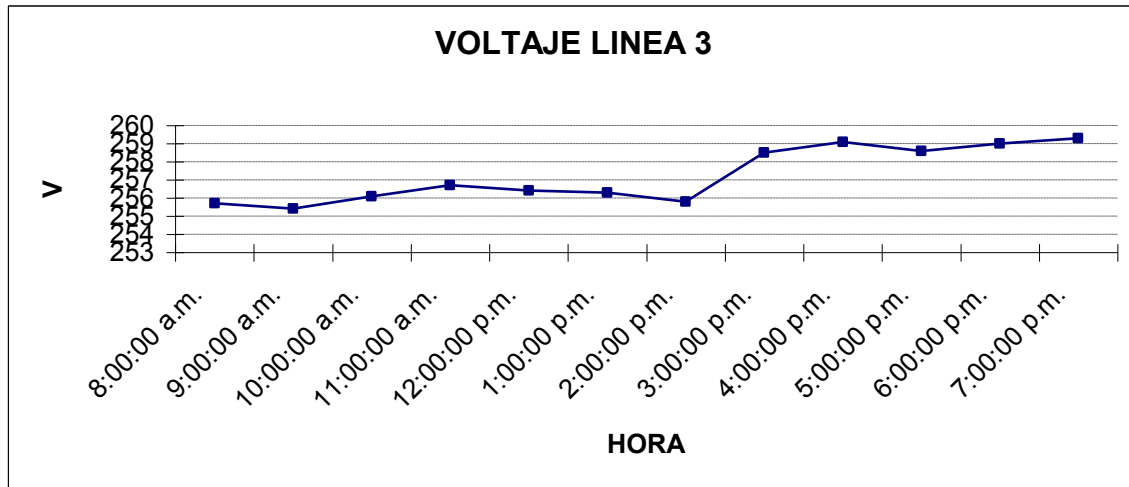
El voltaje mínimo entre fase y neutro de la línea 1 es de 255.1 [V] y el máximo es de 285.7 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 1 no están dentro del rango.



	PROMEDIO (V)	MÍNIMO (V)	MÁXIMO (V)
Vrms Línea 2	259.80	258.2	261.7



El voltaje mínimo entre fase y neutro de la línea 2 es de 258.2 [V] y el máximo es de 261.7 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 2 están dentro del rango.



	PROMEDIO (V)	MÍNIMO (V)	MÁXIMO (V)
Vrms Línea 3	257.24	255.4	259.3

El voltaje mínimo entre fase y neutro de la línea 3 es de 255.4 [V] y el máximo es de 259.3 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 3 están dentro del rango.

En general tenemos que las tensiones en las líneas 2 y 3 son aceptables ya que está dentro del rango del $\pm 10\%$ que acepta el artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005. La tensión en la línea 1 no está dentro del rango aceptable.

ARMÓNICOS DE TENSIÓN.

Los armónicos de los sistemas de potencia son un problema de estado continuo con peligrosos resultados. Los armónicos pueden presentarse en corriente, voltaje



o ambas, éstos se pueden combinar con la frecuencia fundamental para crear distorsión.

El nivel de distorsión está directamente relacionado a las frecuencias y amplitudes de las corrientes armónicas. La contribución de todas las frecuencias armónicas de corriente a la frecuencia fundamental es conocida como Distorsión Armónica Total (THD), el cual se expresa en %. Todos los valores de THD sobre el 10% son motivo de preocupación.

Las armónicas no se producen normalmente por un sistema eléctrico de potencia, pero si en la mayoría de los casos por las cargas conectadas al mismo. Algunas de las fuentes más comunes de armónicas son: Los convertidores estáticos, los transformadores sobre-excitados, el alumbrado fluorescente, los dispositivos de estado sólido (computadoras, controladores de velocidad, etc).

Las principales consecuencias de estos fenómenos sobre las cargas son:

Sobre los transformadores y generadores: El contenido armónico provoca un fenómeno de calentamiento considerable sobre el valor de la corriente RMS debido a la histéresis, la corriente parásita y el efecto piel.

Sobre los motores: Produce un sobrecalentamiento debido a las corrientes armónicas de secuencia negativa (5ta armónica) y las corrientes parásitas.

Sobre los conductores: Las armónicas provocan un sobrecalentamiento del conductor neutro por ello se debe a que las armónicas de secuencia cero se suman en el neutro en vez de cancelarse como sucedería con cargas lineales balanceadas.



Sobre la barra de neutro: Se sobrecarga debido a las armónicas de secuencia cero, así mismo se produce fugas por el neutro ocasionadas por el sobrecalentamiento en caso de sobrecargas.

Sobre el tablero de distribución: Calentamientos debido a corrientes parásitas que generan vibraciones y zumbidos.

Sobre los capacitores empleados para corregir el factor de potencia: Debido a que los capacitores pueden ser la impedancia más baja de un sistema, las armónicas pueden quemar los fusibles.

Sobre los dispositivos de protección contra sobre-corrientes: Los dispositivos de protección contra sobre-corrientes como fusibles y desconectadores son afectados por el calentamiento debido al efecto piel en corrientes con alto contenido armónico.

Sobre los dispositivos de protección: Estos se ven afectados por las armónicas provocando disparos en situaciones en las que no debiera producirse este fenómeno, ello se debe al calentamiento adicional en el tablero generado por la circulación de corriente de la 3ra armónica en el conductor neutro.

Sobre los instrumentos de medición: Las armónicas pueden provocar errores en la medición de energía cuando se utilizan equipos de inducción. Las armónicas pueden ocasionar que los discos corran más rápido o más lento para la misma corriente RMS. Si este medidor se utiliza para facturar el consumo el pago puede ser más alto o más bajo de lo que debiera.

Sobre los equipos electrónicos: Al distorsionarse su forma de onda los equipos pueden sufrir fallas en su funcionamiento.



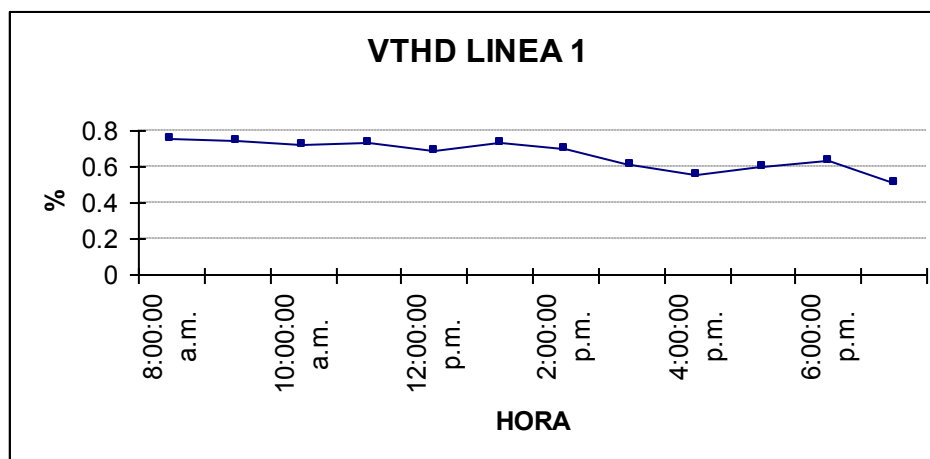
Sobre los reguladores de tensión: Muchos de estos dispositivos de control emplean circuitos que miden el punto de cruce por cero de las ondas de tensión o corriente, pero con un contenido elevado de armónico puede haber muchos cruces, lo que provocaría la inestabilidad en la velocidad y en el control de frecuencia.

Sobre los sistemas de comunicaciones: Puede ocurrir interferencia (ruidos intermitentes) que pueden llegar a ser lo suficientemente intensos como para corromper las señales, causado fallan en su funcionamiento.

De acuerdo a la norma IEEE-519 se tiene lo siguiente:

- Los usuarios deberán responsabilizarse para limitar la cantidad de las corrientes armónicas sobre el sistema de potencia en general.

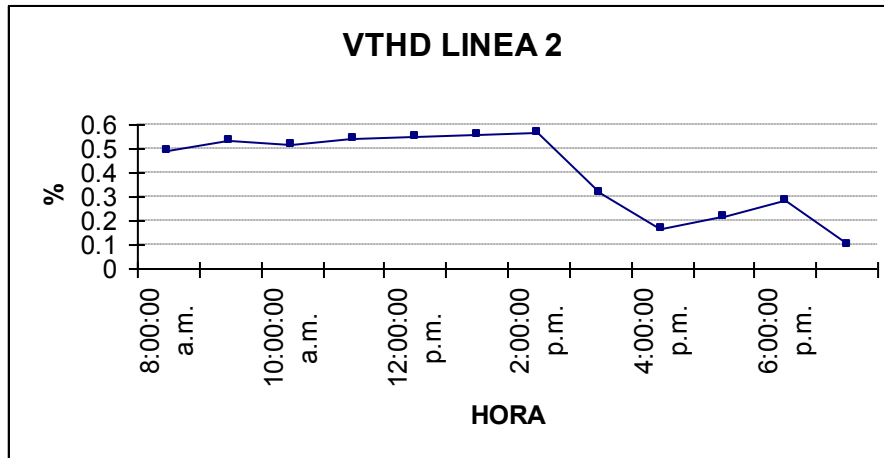
Las compañías suministradoras deberán responsabilizarse condiciones de resonancia en el sistema de potencia, que pueden crear niveles de distorsión de voltaje inaceptables. Básicamente la compañía debe suministrar un voltaje de calidad.



NOMBRE	PROMEDIO (%)	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)
Vthd Línea 1	0.665	0.51	0.76

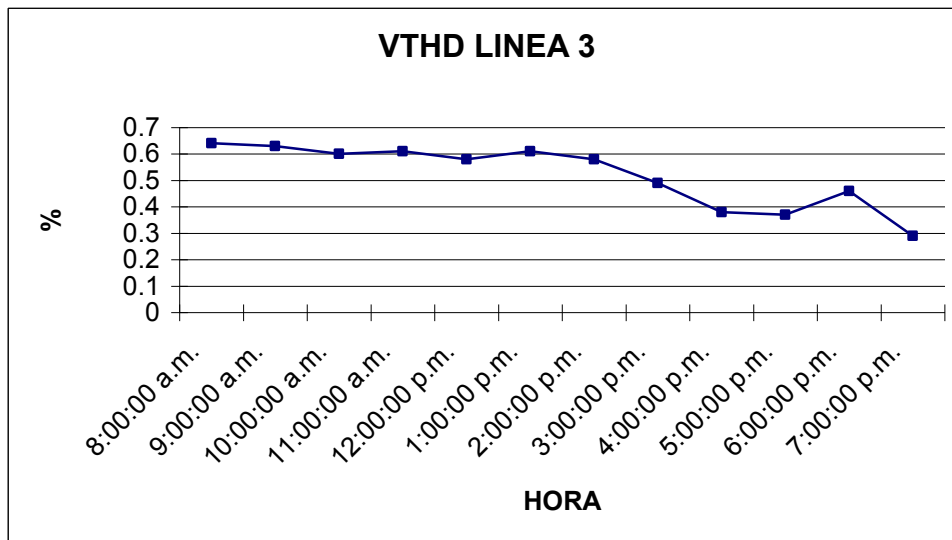


Los armónicos de voltaje en la línea 1 tienen como valor mínimo de 0.51 [%] y como máximo 0.76 [%]



NOMBRE	PROMEDIO (%)	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)
Vthd Línea 2	0.404	0.1	0.57

Los armónicos de voltaje en la línea 2 tienen como valor mínimo de 0.1 [%] y como máximo 0.57 [%]



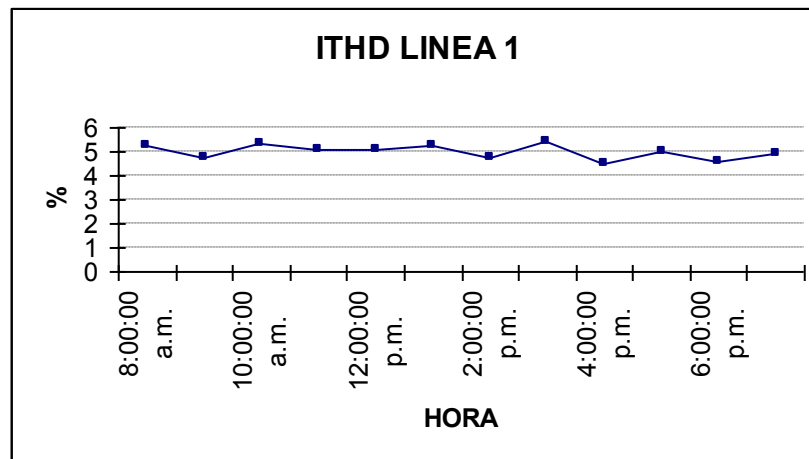
NOMBRE	PROMEDIO (%)	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)
Vthd Línea 3	0.52	0.29	0.64



Los armónicos de voltaje en la línea 3 tienen como valor mínimo de 0.29 [%] y como máximo 0.64 [%]

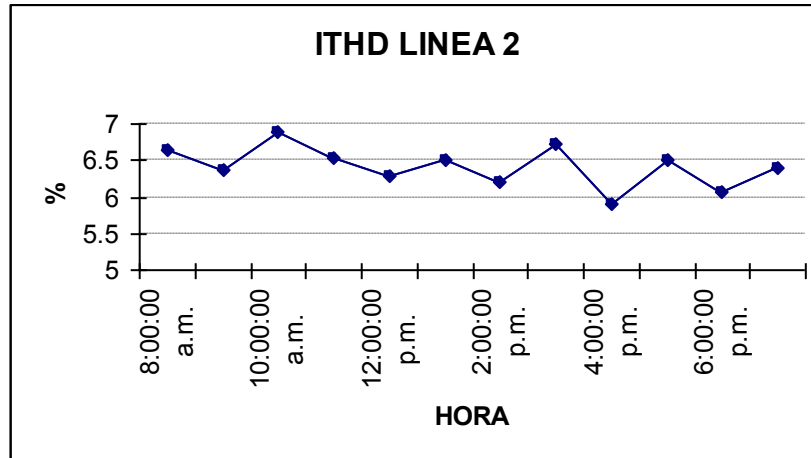
El rango máximo aceptable para un valor de distorsión armónica total es del 10%, por lo cual los armónicos de voltaje se encuentran dentro del rango.

ARMÓNICOS DE CORRIENTE.



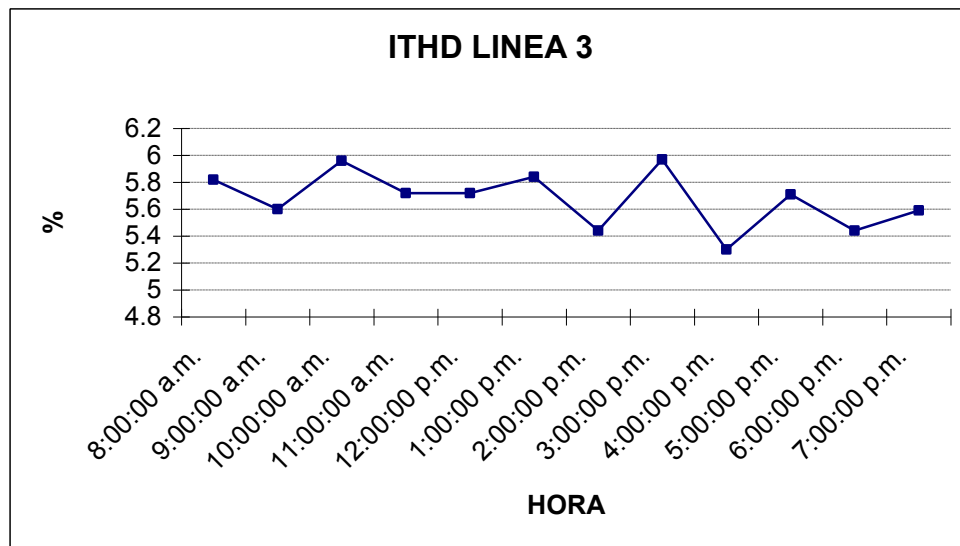
	PROMEDIO (%)	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)
Athd Línea 1	5.00	4.5	5.42

Los armónicos de corriente en la línea 1 tienen como valor mínimo de 4.5 [%] y como máximo 5.42 [%]



	PROMEDIO (%)	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)
Athd Línea 2	6.42	5.91	6.89

Los armónicos de corriente en la línea 2 tienen como valor mínimo de 5.91 [%] y como máximo 6.89 [%]



	PROMEDIO (%)	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)
Athd Línea 3	5.67	5.3	5.97

Los armónicos de corriente en la línea 3 tienen como valor mínimo de 5.3 [%] y como máximo 5.97 [%]

El rango máximo aceptable para un valor de distorsión armónica total es del 10%, por lo cual los armónicos de corriente no se encuentran dentro del rango.



FACTOR DE POTENCIA.

Un problema común que se presenta en las instalaciones eléctricas es el llamado bajo factor de potencia, el cual está relacionado con la calidad del suministro de la energía eléctrica, en consecuencia existirán variaciones de voltaje y pérdidas en las instalaciones. Lo que implica pérdidas económicas importantes.

El factor de potencia es la relación de la potencia real usada en un circuito entre la potencia aparente.

$$FP = \frac{P_{REAL} [kW]}{P_{APARENTE} [kVA]}$$

El valor del factor de potencia debe ser de 0.9 como mínimo.

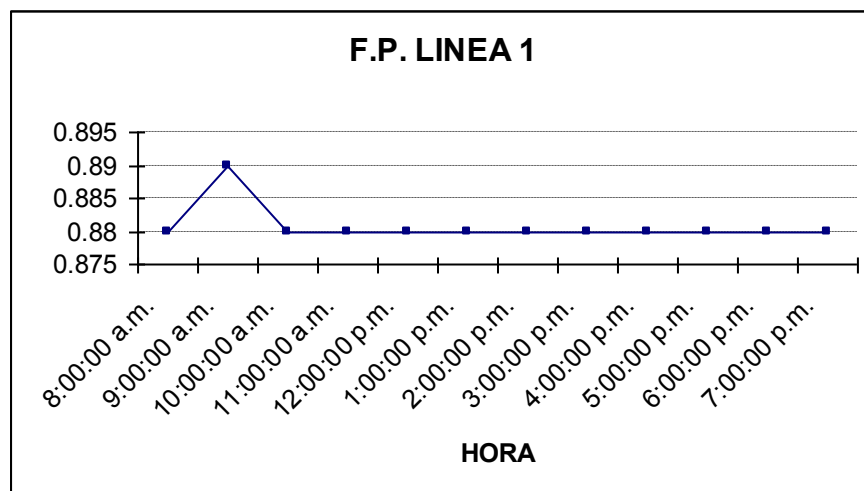
Consecuencias por el bajo factor de potencia:

- Aumenta las pérdidas por efecto Joule, por ejemplo:
 - a) Los cables entre el medidor y el usuario.
 - b) Los embobinados de los transformadores de distribución.
 - c) Dispositivos de operación y protección.
- Aumento en la caída de voltaje, lo que ocasiona la insuficiencia en el suministro de potencia a las cargas (motores, lámparas, etc.) estas cargas sufren una reducción en su potencia de salida.

Estas caídas afectan a:



- a) Los embobinados de los transformadores de distribución.
 - b) Los cables de alimentación.
 - c) Sistema de protección y control.
- Las instalaciones no pueden ser usadas a toda su capacidad, resultado de los altos costos de depreciación. Esto es particularmente importante en el caso de transformadores de distribución.
 - Esto afecta tanto al usuario como a la compañía suministradora, por lo cual se penaliza al cliente, haciéndolo que pague más por su electricidad.

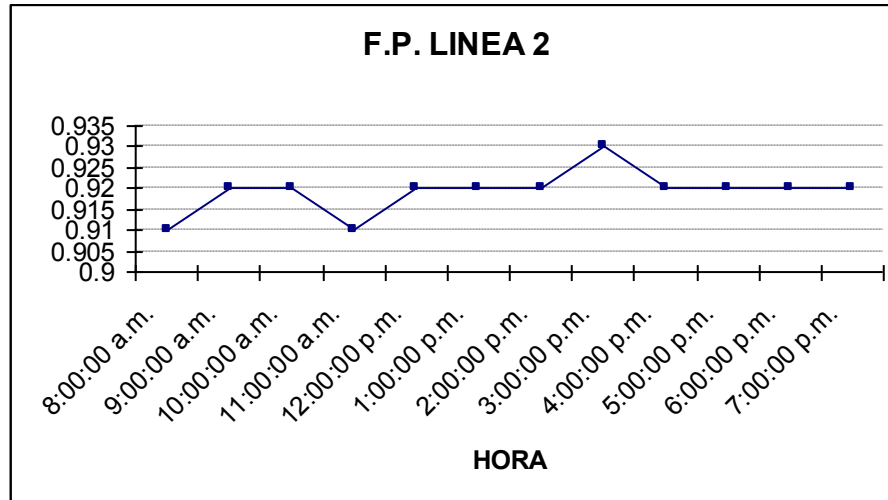


	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
PF Línea 1	0.88	0.88	0.89

El factor de potencia en la línea 1 tiene un valor mínimo de 0.88 y como máximo 0.89; la norma NOM-001-SEDE-2005 permite como valor mínimo permisible de 0.9, por lo cual en la línea 1 no se tiene un factor de potencia aceptable.

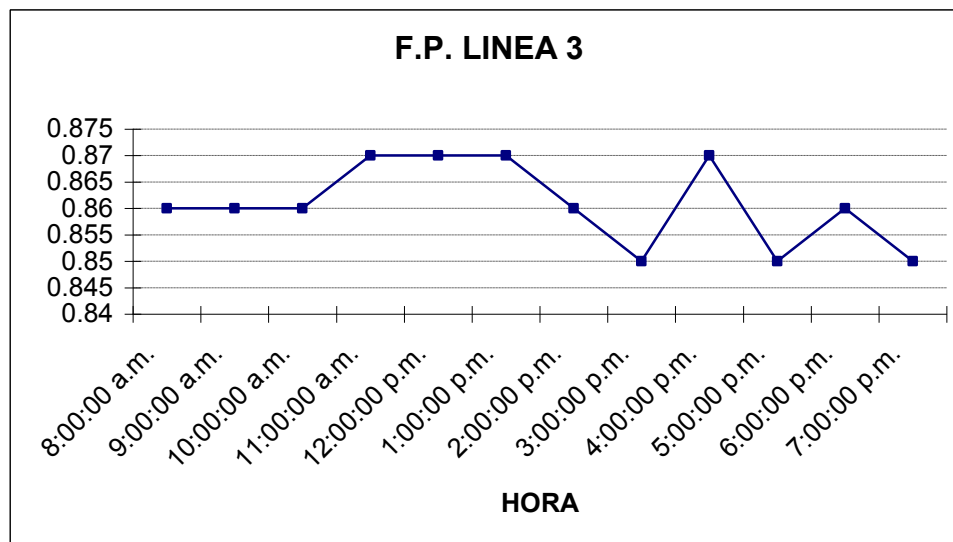


Calidad de la energía



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
PF Línea 2	0.919	0.91	0.93

El factor de potencia en la línea 2 tiene un valor mínimo de 0.91 y como máximo 0.93; la norma NOM-001-SEDE-2005 permite como valor mínimo permisible de 0.9, por lo cual en la línea 2 se tiene un factor de potencia aceptable.



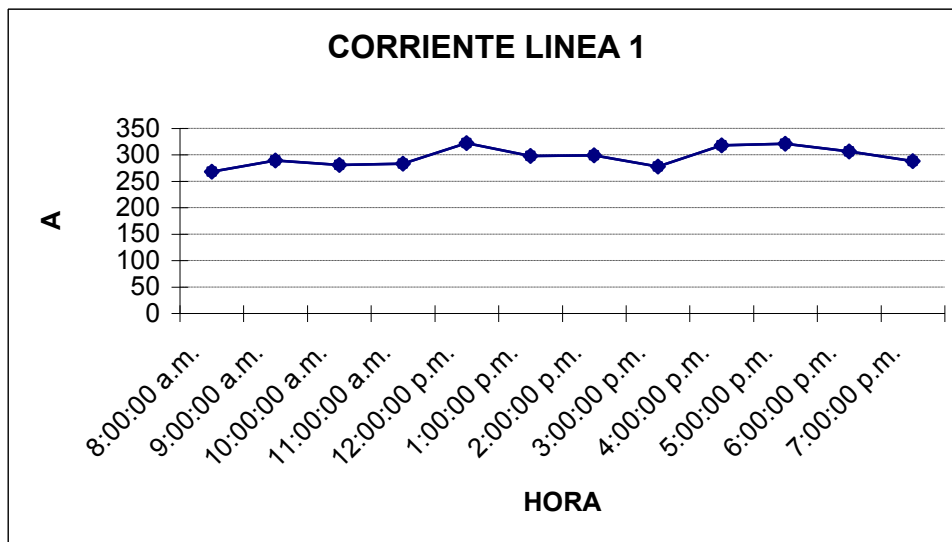
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
PF Línea 3	0.86	0.85	0.87



El factor de potencia en la línea 3 tiene un valor mínimo de 0.85 y como máximo 0.87; la norma NOM-001-SEDE-2005 permite como valor mínimo permisible de 0.9, por lo cual en la línea 3 no se tiene un factor de potencia aceptable.

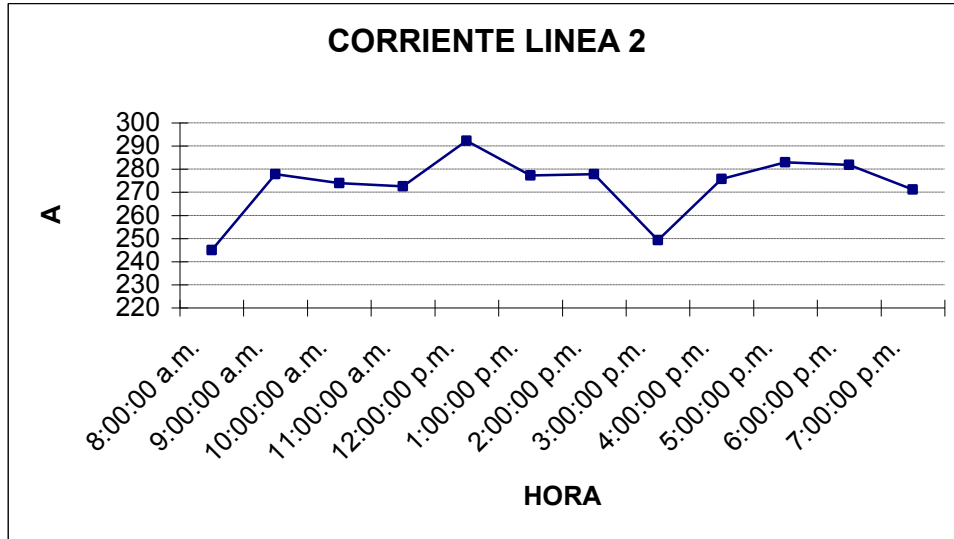
De acuerdo a la norma NOM-001-SEDE-2005 las líneas 1 y 3 no tienen un valor de factor de potencia aceptable. La línea 2 tiene un factor de potencia aceptable.

CORRIENTE.



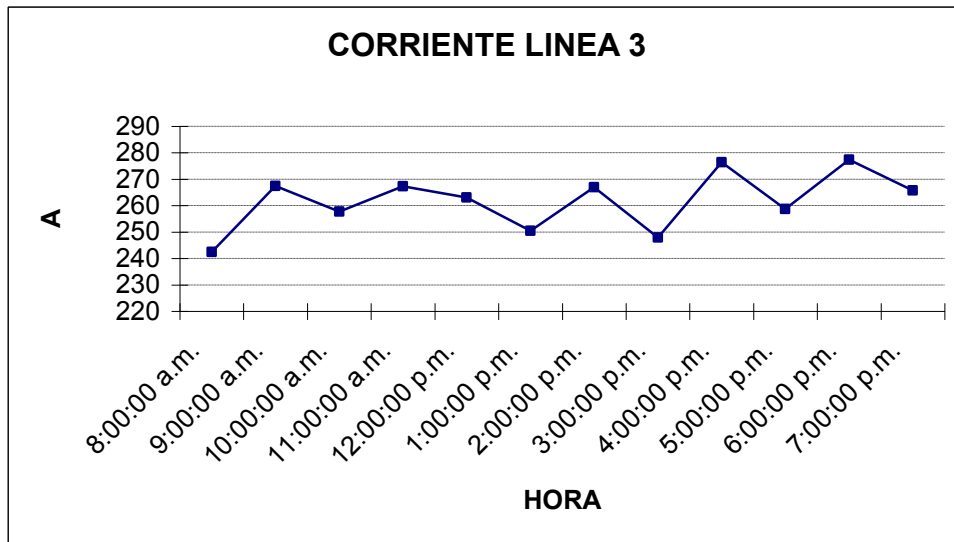
	PROMEDIO (A)	MÍNIMO (A)	MÁXIMO (A)
Arms Línea 1	296	268.2	322.2

La corriente mínima en la línea 1 es de 268.2 [A] y la máxima es de 322.2 [A]



	PROMEDIO (A)	MÍNIMO (A)	MÁXIMO (A)
Arms Línea 2	273.14	244.9	292.3

La corriente mínima en la línea 2 es de 244.9 [A] y la máxima es de 292.3 [A]

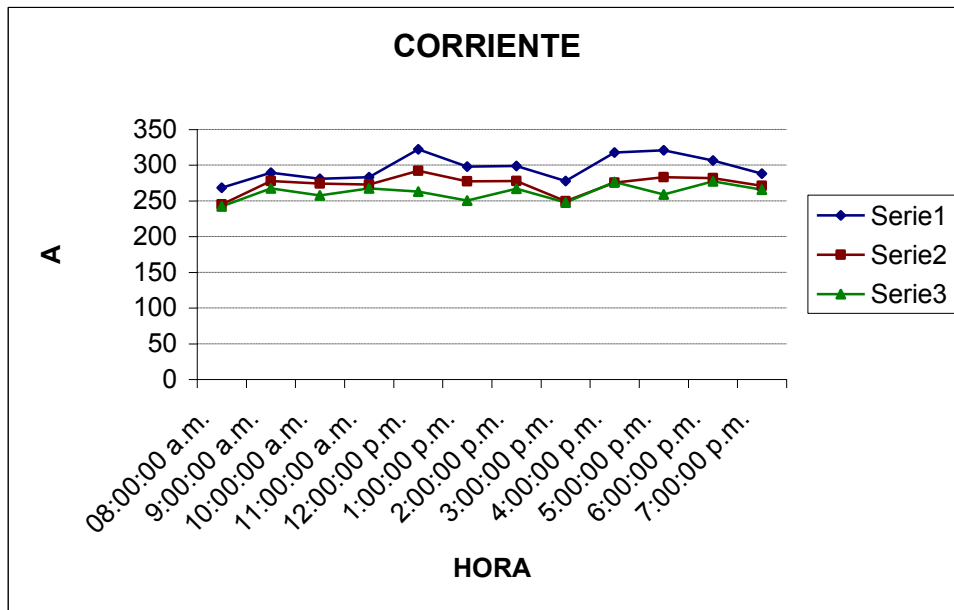


	PROMEDIO (A)	MÍNIMO (A)	MÁXIMO (A)
Arms Línea 3	261.8	242.5	277.4

La corriente mínima en la línea 3 es de 242.5 [A] y la máxima es de 277.4 [A]



CORRIENTE DE LAS TRES LÍNEAS



Tomando el valor pico más alto, y de acuerdo a la norma NOM-001-SEDE-2005 que permite solo el 5% de desbalance se tiene:

LÍNEA 1 (A)	LÍNEA 2 (A)	LÍNEA 3 (A)
322.2	292.3	277.4

LÍNEA 1 – LÍNEA 2

$$\frac{322.2 - 292.3}{322.2} \times 100 = 9.279\% > 5\%$$

LÍNEA 2 – LÍNEA 3

$$\frac{292.3 - 277.4}{292.3} \times 100 = 5.097\% > 5\%$$

LÍNEA 3 – LÍNEA 1

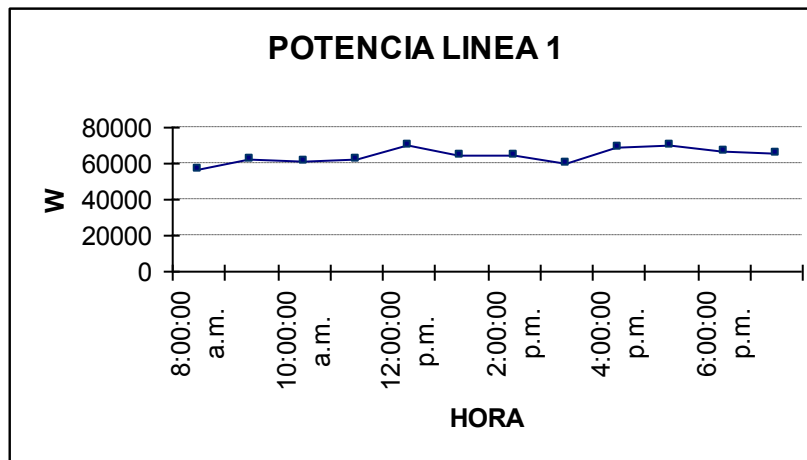
$$\frac{322.2 - 277.4}{322.2} \times 100 = 13.904\% > 5\%$$



De acuerdo a lo anterior, se puede observar un pequeño desbalance entre las fases.

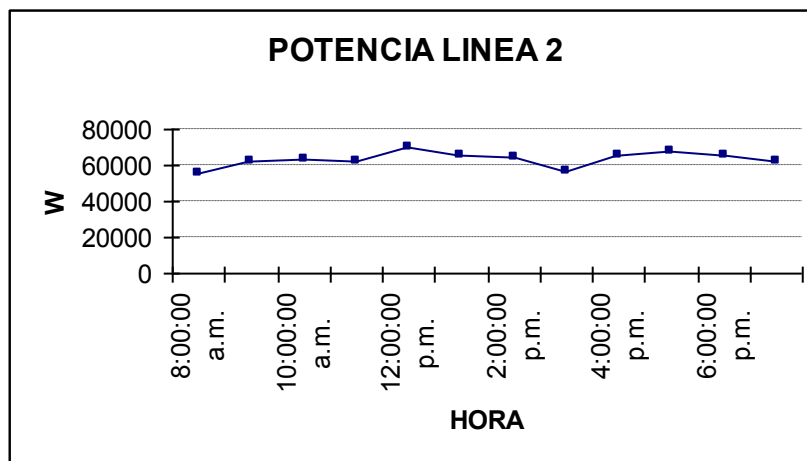
POTENCIA.

Potencia activa: Es la energía útil la cual se expresa en watts (W).



	PROMEDIO (W)	MÍNIMO (W)	MÁXIMO (W)
W Línea 1	64300.83	56330	69500

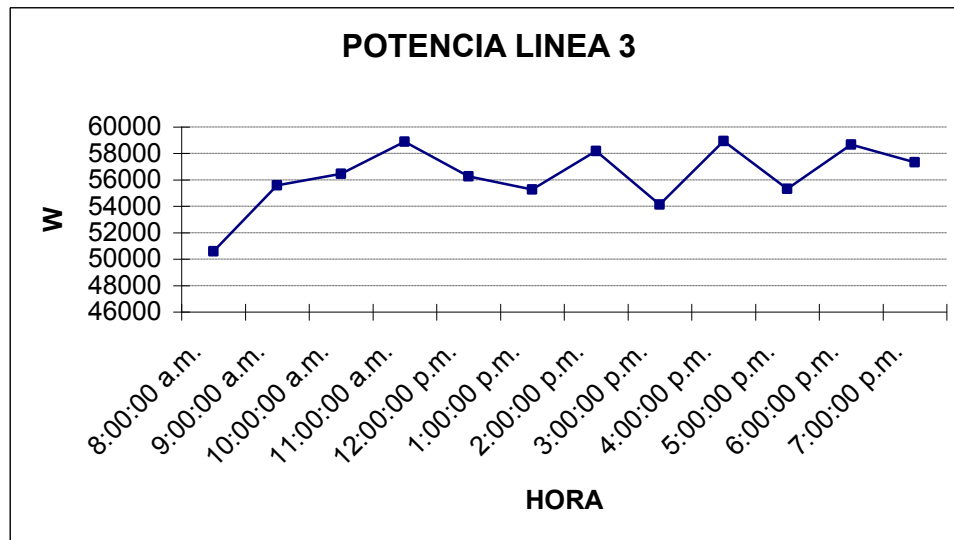
La potencia en la línea 1 tienen como valor mínimo de 56330[W] y como máximo 69500[W]



	PROMEDIO (W)	MÍNIMO (W)	MÁXIMO (W)
W Línea 2	63491.66	55270	69630



La potencia en la línea 2 tienen como valor mínimo de 55270[W] y como máximo 69630[W]



	PROMEDIO (W)	MÍNIMO (W)	MÁXIMO (W)
W Línea 3	56297.5	50580	58940

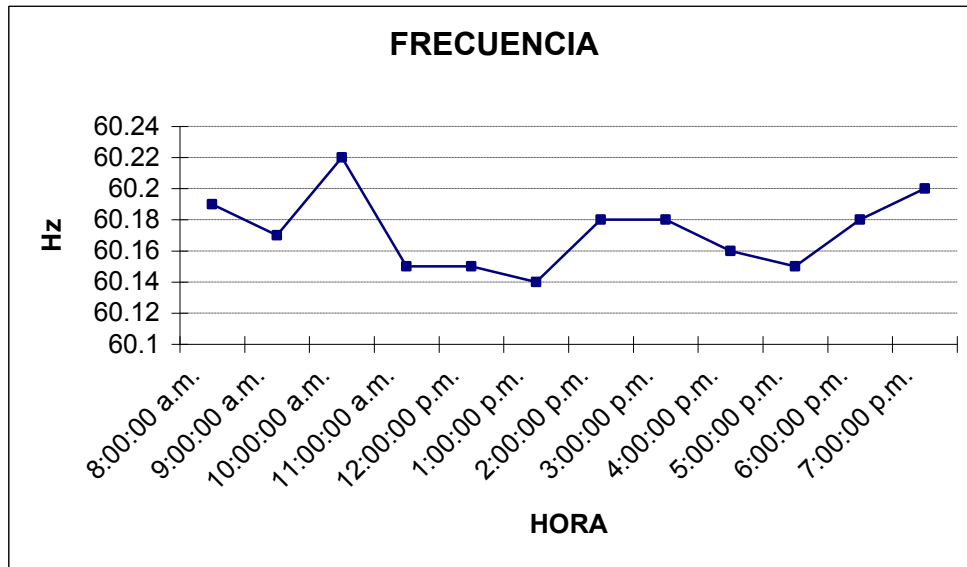
La potencia en la línea 3 tienen como valor mínimo de 50580[W] y como máximo 58940[W].

De acuerdo a lo anterior y a los resultados que se observan en la corriente, se puede observar un pequeño desbalanceo entre las fases.



TRANSFORMADOR TR-02

FRECUENCIA.

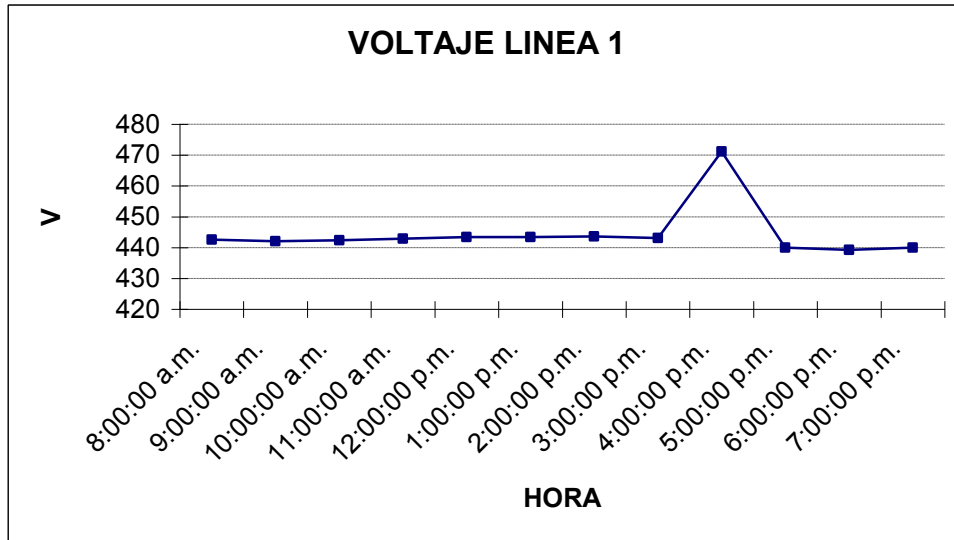


	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Frecuencia	60.14	60.04	60.19

La norma permite el rango de 59.8 a 60.2 Hz, por lo tanto en este caso es aceptable.

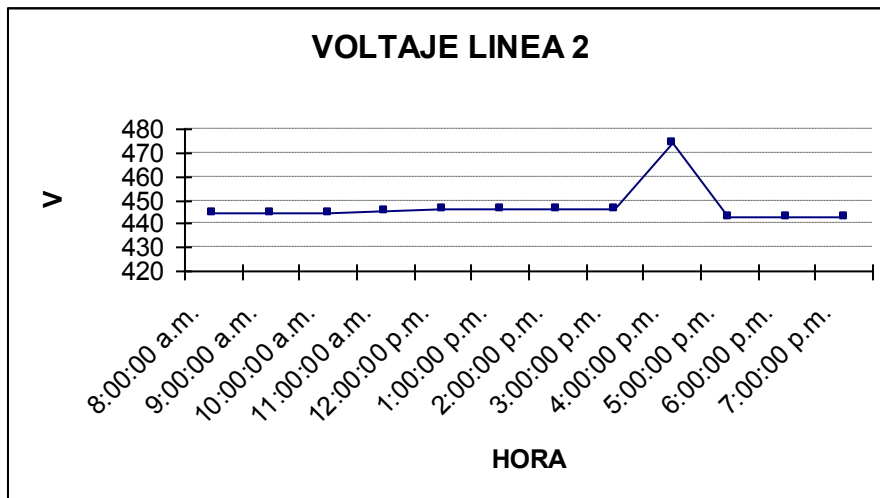


TENSIÓN DE FASE A FASE.



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 1	444.45(A)	439.24(A)	471.11(A)

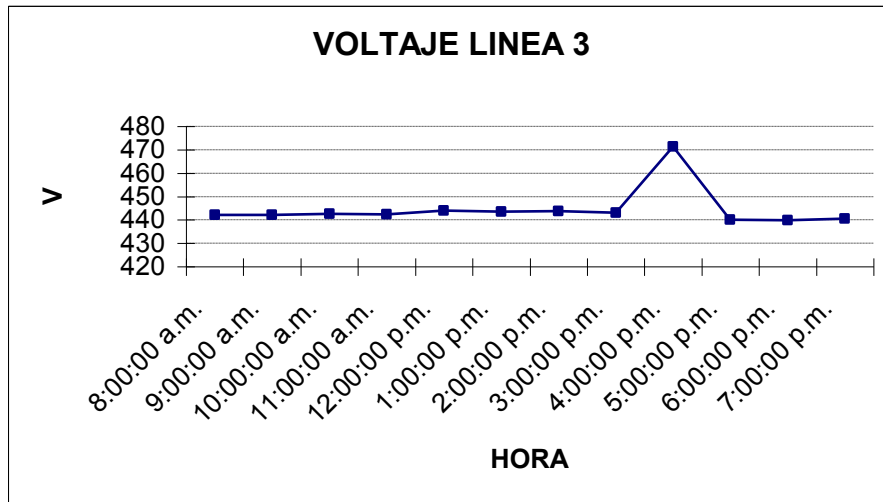
El voltaje mínimo entre fase y fase de la línea 1 es de 439.24 [V] y el máximo es de 471.11 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 1 están dentro del rango.



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 2	447.11(A)	442.53(A)	473.88(A)



El voltaje mínimo entre fase y fase de la línea 2 es de 442.53 [V] y el máximo es de 473.88 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 2 están dentro del rango.



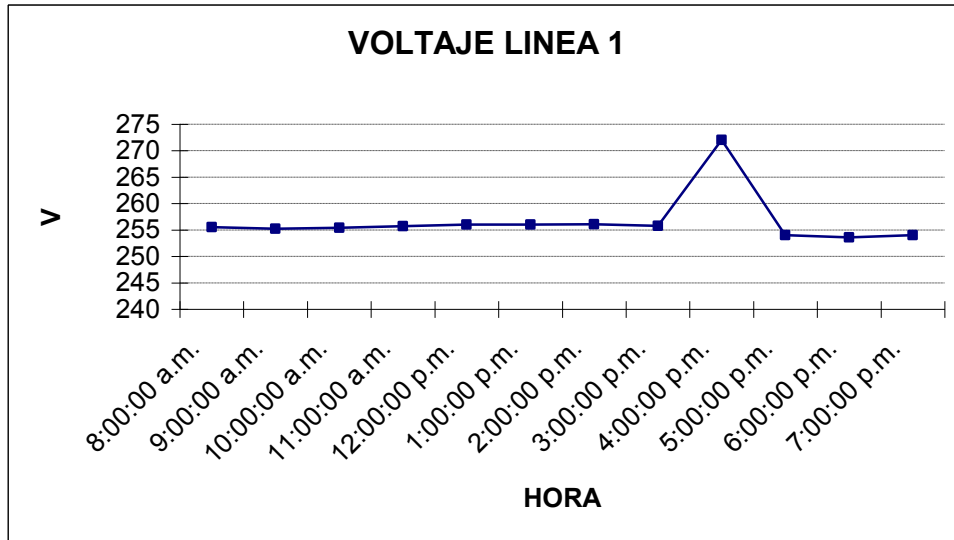
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 3	444.58(A)	439.94(A)	471.29(A)

El voltaje mínimo entre fase y fase de la línea 3 es de 439.94 [V] y el máximo es de 471.29 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 3 están dentro del rango.

La tensión en las tres líneas se encuentra aceptable ya que están dentro del rango del $\pm 10\%$ que acepta el artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005.

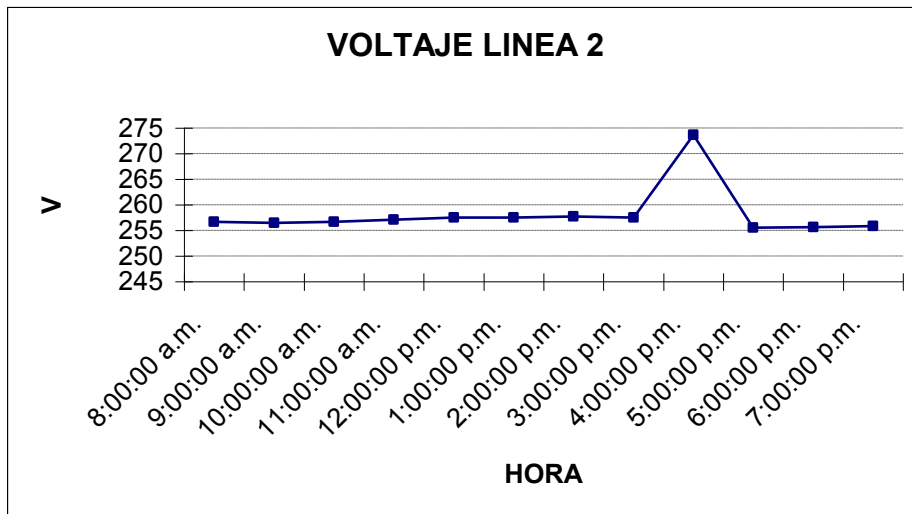


TENSIÓN DE FASE A NEUTRO.



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 1	256.60(A)	253.6(A)	272(A)

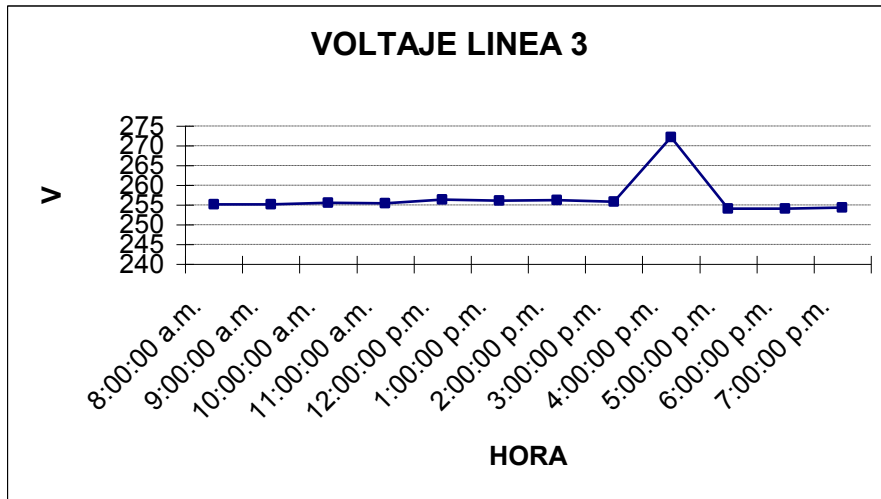
El voltaje mínimo entre fase y neutro de la línea 1 es de 256.6 [V] y el máximo es de 272[V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 1 están dentro del rango.



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 2	258.14(A)	255.5(A)	273.6(A)



El voltaje mínimo entre fase y neutro de la línea 2 es de 255.5 [V] y el máximo es de 273.6 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 2 están dentro del rango.



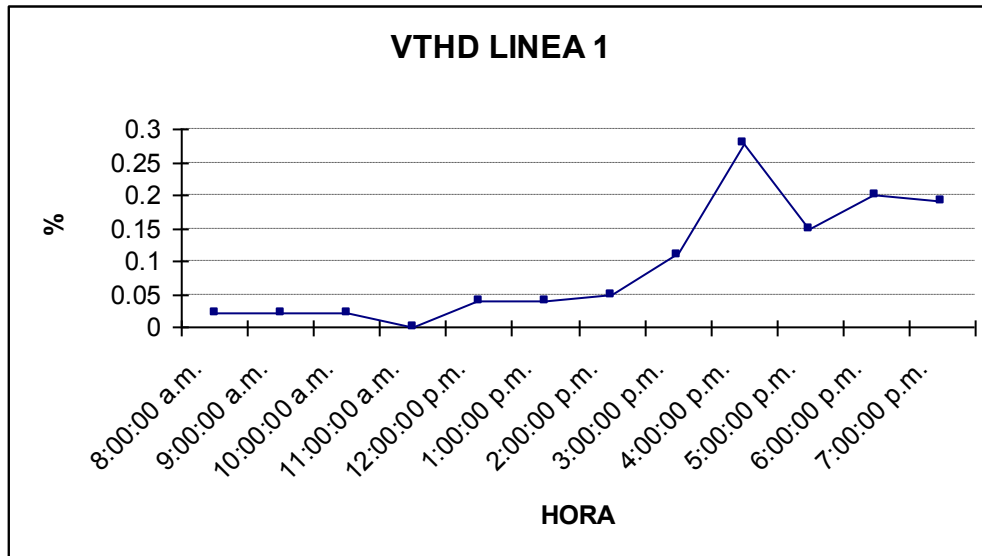
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 3	256.68 (V)	254(V)	272.1(V)

El voltaje mínimo entre fase y neutro de la línea 3 es de 254 [V] y el máximo es de 272.1 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 3 están dentro del rango.

La tensión en las tres líneas se encuentra aceptable ya que están dentro del rango del $\pm 10\%$ que acepta el artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005.

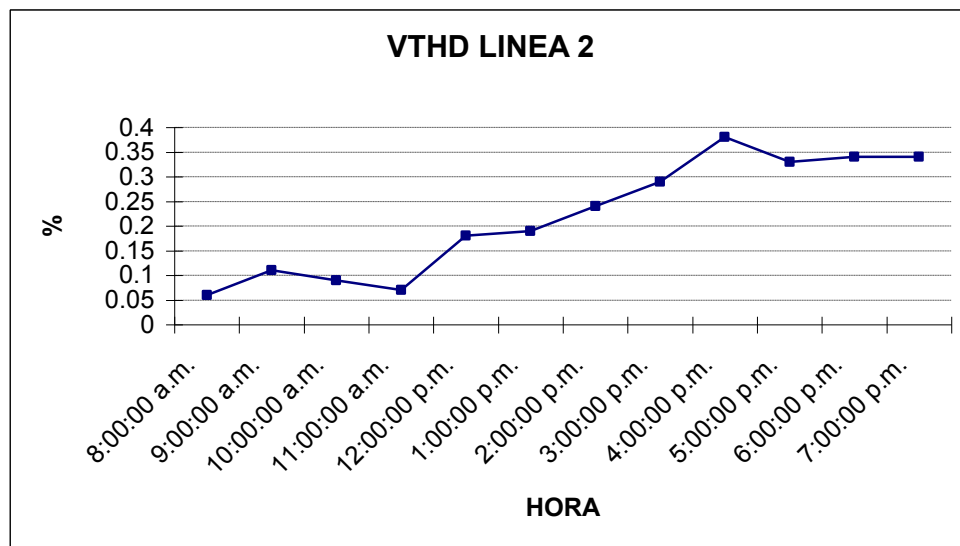


ARMÓNICOS DE TENSIÓN.



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vthd Línea 1	0.093%	0%	0.28%

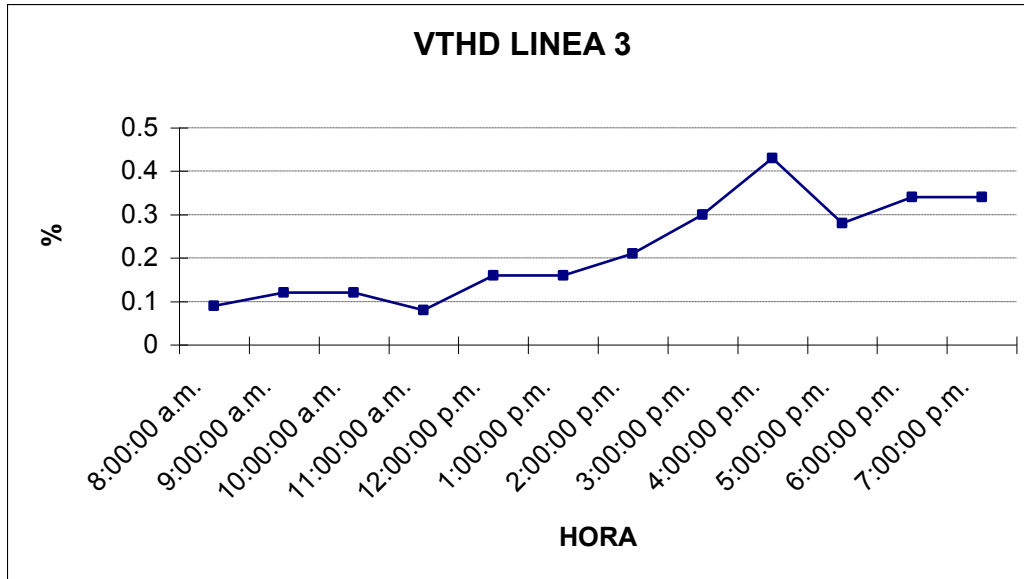
Los armónicos de voltaje en la línea 1 tienen como valor mínimo de 0 [%] y como máximo 0.28 [%]



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vthd Línea 2	0.218%	0.06%	0.38%



Los armónicos de voltaje en la línea 2 tienen como valor mínimo de 0.06 [%] y como máximo 0.38 [%]



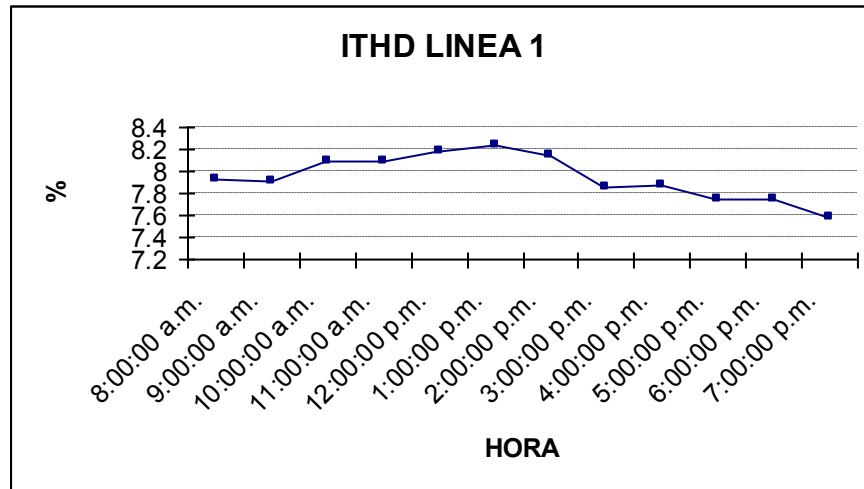
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vthd Línea 3	0.219%	0.08%	0.43%

Los armónicos de voltaje en la línea 3 tienen como valor mínimo de 0.08 [%] y como máximo 0.43 [%]

El rango máximo aceptable para un valor de distorsión armónica total es del 10%, por lo cual los armónicos de voltaje se encuentran dentro del rango.

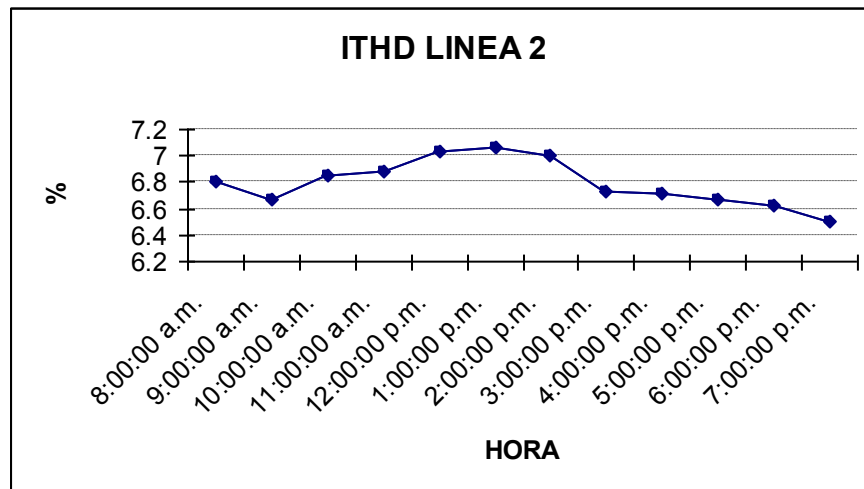


ARMÓNICOS DE CORRIENTE.



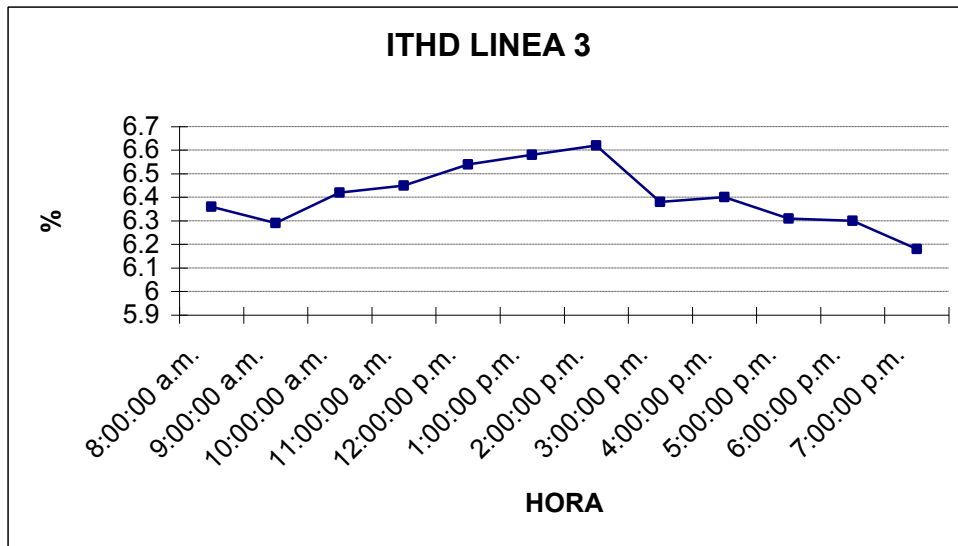
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Athd Línea 1	7.94%	7.59%	8.23%

Los armónicos de corriente en la línea 1 tienen como valor mínimo de 7.59 [%] y como máximo 8.23 [%]



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Athd Línea 2	6.79%	6.51%	7.06%

Los armónicos de corriente en la línea 2 tienen como valor mínimo de 6.51 [%] y como máximo 7.06 [%]

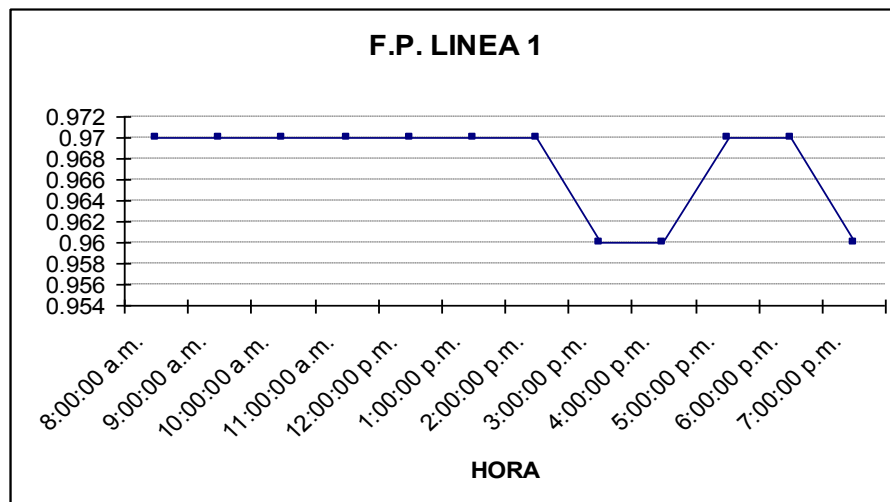


	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Athd Línea 3	6.40 %	6.18%	6.62%

Los armónicos de corriente en la línea 3 tienen como valor mínimo de 6.18 [%] y como máximo 6.62 [%]

El rango máximo aceptable para un valor de distorsión armónica total es del 10%, por lo cual los armónicos de corriente se encuentran dentro del rango.

FACTOR DE POTENCIA.



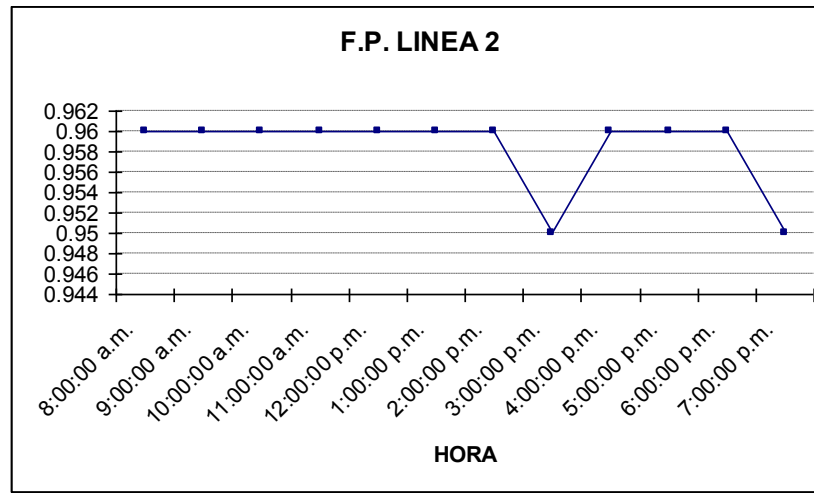


Calidad de la energía



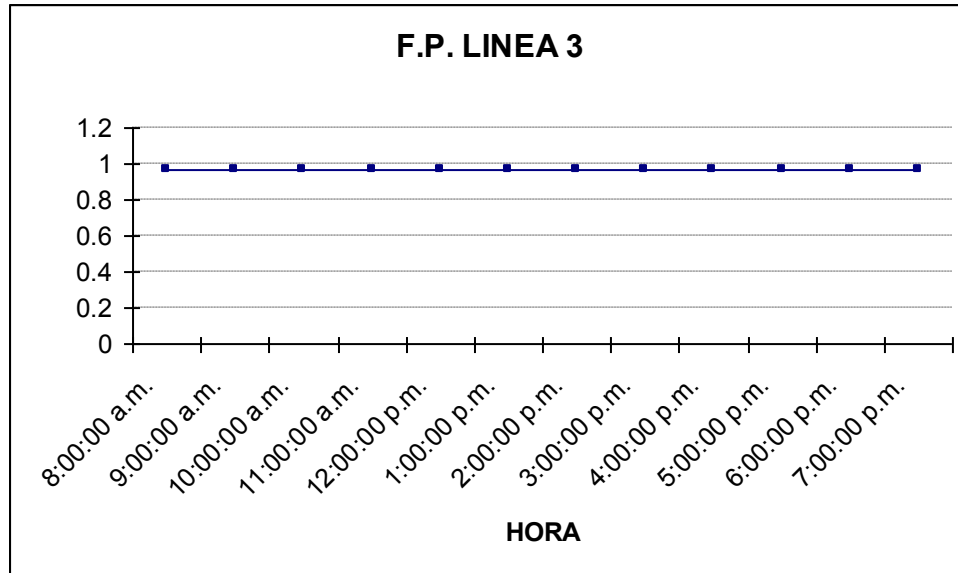
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
PF Línea 1	0.9675	0.96	0.97

El factor de potencia en la línea 1 tiene un valor mínimo de 0.96 y como máximo 0.97; la norma NOM-001-SEDE-2005 permite como valor mínimo permisible de 0.9, por lo cual en la línea 1 se tiene un factor de potencia aceptable.



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
PF Línea 2	0.958	0.95	0.96

El factor de potencia en la línea 2 tiene un valor mínimo de 0.95 y como máximo 0.96; la norma NOM-001-SEDE-2005 permite como valor mínimo permisible de 0.9, por lo cual en la línea 2 se tiene un factor de potencia aceptable.

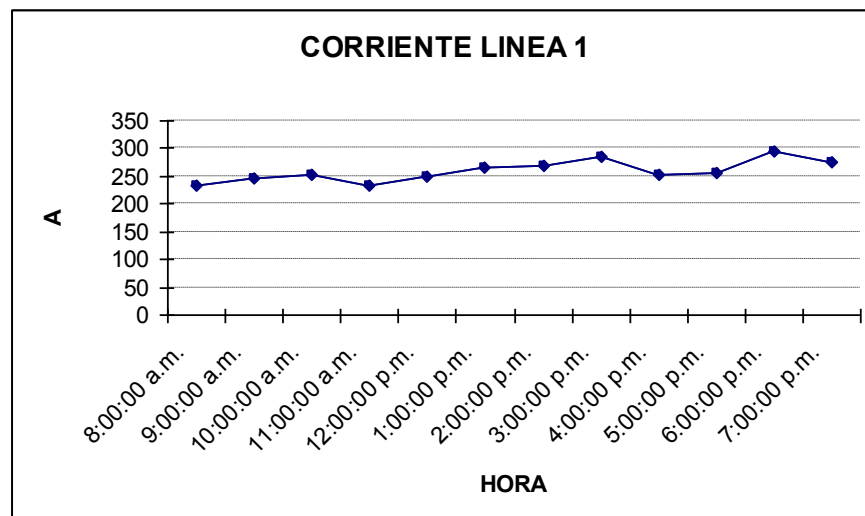


	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
PF Línea 3	0.97	0.97	0.97

El factor de potencia en la línea 3 tiene un valor mínimo de 0.97 y como máximo 0.97; la norma NOM-001-SEDE-2005 permite como valor mínimo permisible de 0.9, por lo cual en la línea 3 se tiene un factor de potencia aceptable.

De acuerdo a la norma NOM-001-SEDE-2005 las tres líneas tienen un factor de potencia aceptable.

CORRIENTE.



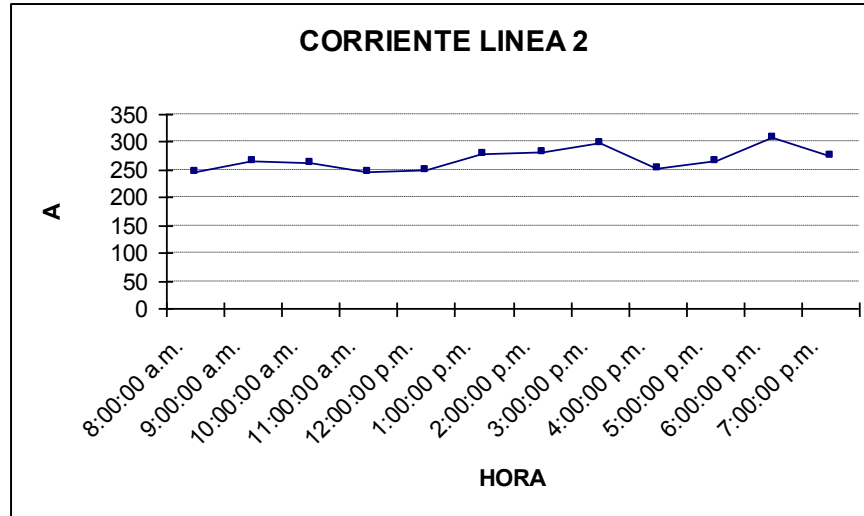


Calidad de la energía



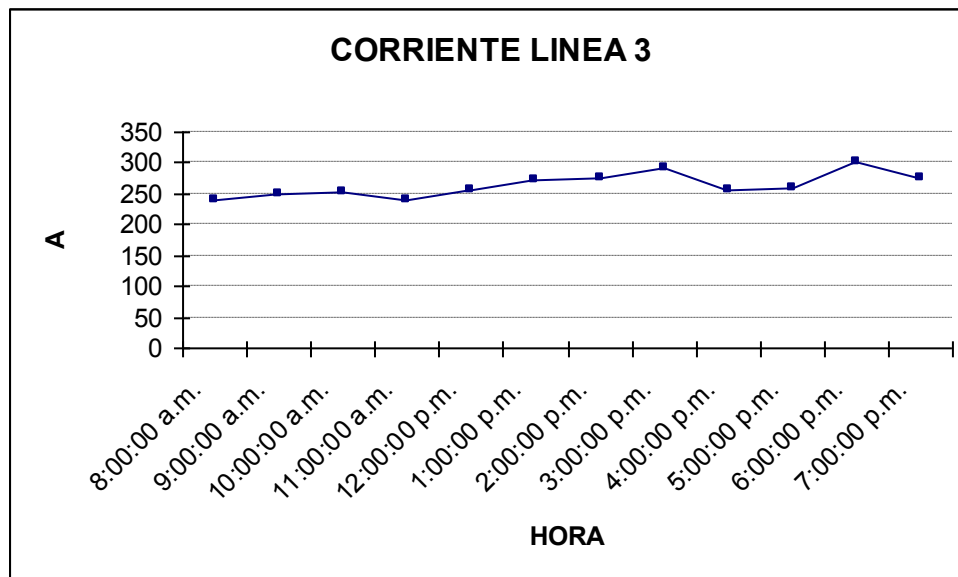
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Arms Línea 1	258.93 (A)	232 (A)	293.7 (A)

La corriente mínima en la línea 1 es de 232 [A] y la máxima es de 293.7 [A]



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Arms Línea 2	269.55 (A)	246.9 (A)	307.9 (A)

La corriente mínima en la línea 2 es de 246.9 [A] y la máxima es de 307.9 [A]

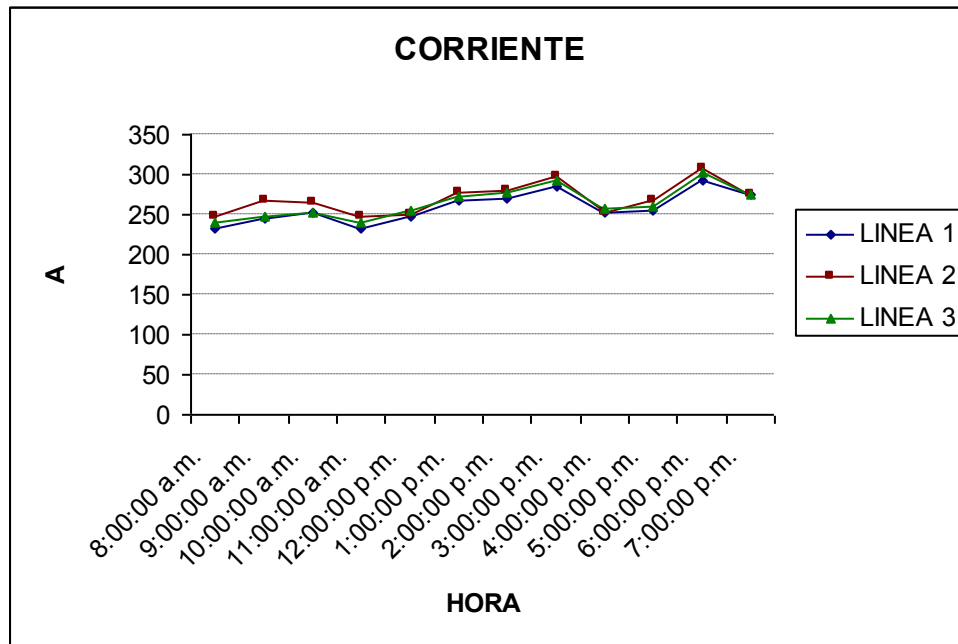


	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Arms Línea 3	264.41 (A)	239.5 (A)	302.3 (A)

La corriente mínima en la línea 3 es de 239.5 [A] y la máxima es de 302.3 [A]



CORRIENTE DE LAS TRES LÍNEAS



Tomando el valor pico más alto, y de acuerdo a la norma NOM-001-SEDE-2005 que permite solo el 5% de desbalanceo se tiene:

LÍNEA 1	LÍNEA 2	LÍNEA 3
293.7	307.9	302.3

LÍNEA 1 – LÍNEA 2

$$\frac{307.9 - 293.7}{307.9} \times 100 = 4.61\% < 5\%$$

LÍNEA 2 – LÍNEA 3

$$\frac{307.9 - 302.3}{307.9} \times 100 = 1.818\% < 5\%$$

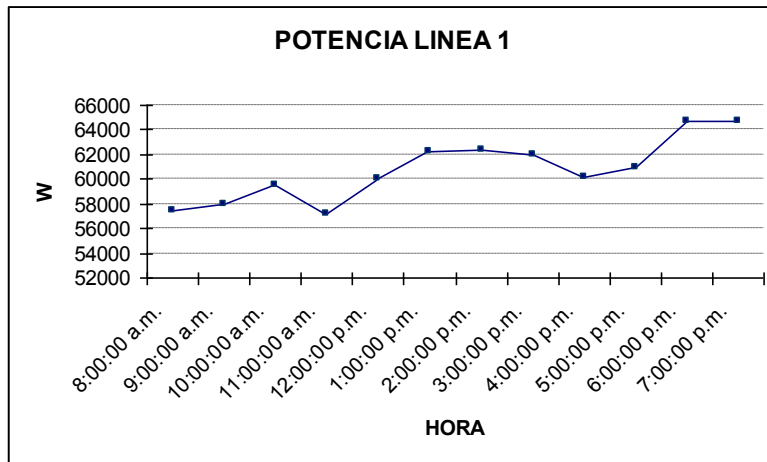
LÍNEA 3 – LÍNEA 1

$$\frac{302.3 - 293.7}{302.3} \times 100 = 2.84\% < 5\%$$



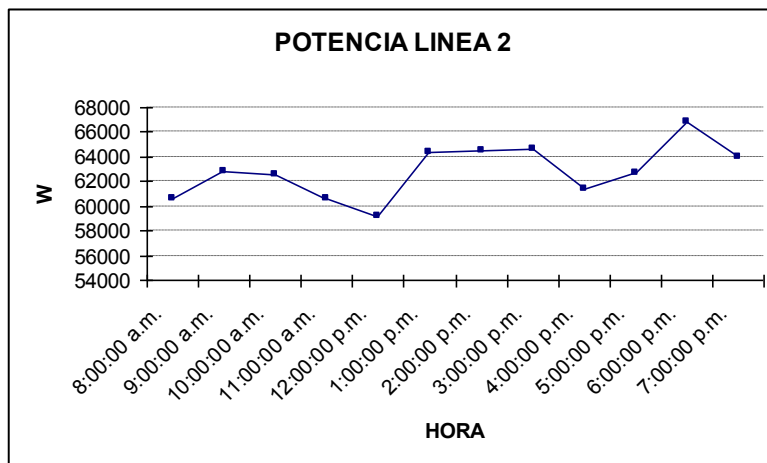
De acuerdo a lo anterior, se puede observar que el desbalanceo entre fases está dentro del rango.

POTENCIA.



	PROMEDIO (W)	MÍNIMO (W)	MÁXIMO (W)
W Línea 1	60758.33	57180	64710

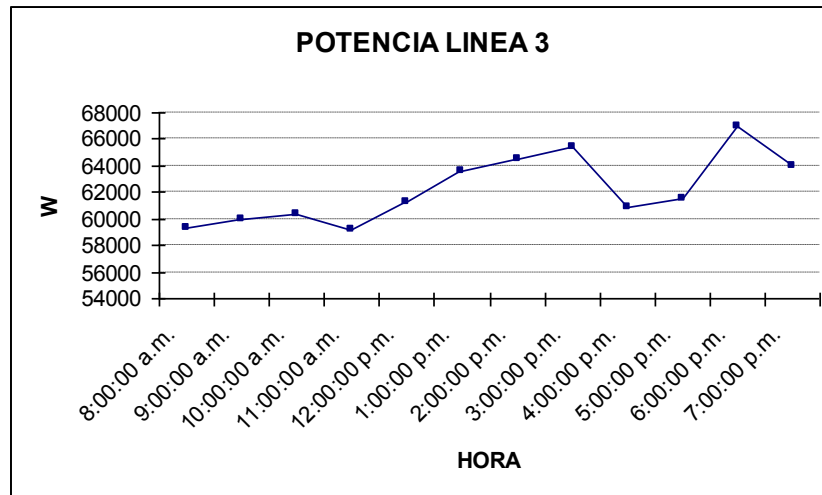
La potencia en la línea 1 tienen como valor mínimo de 57180[W] y como máximo 64710[W]



	PROMEDIO (W)	MÍNIMO (W)	MÁXIMO (W)
W Línea 2	62863.33	59240	66820



La potencia en la línea 2 tienen como valor mínimo de 59240[W] y como máximo 66820[W]



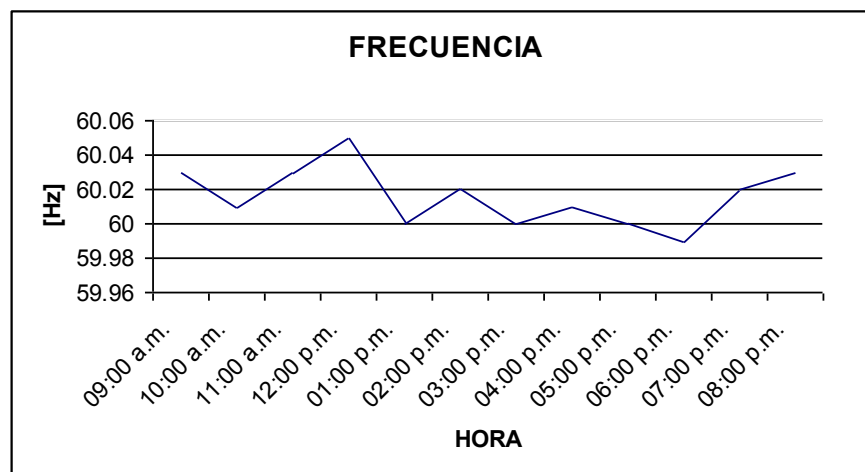
	PROMEDIO (W)	MÍNIMO (W)	MÁXIMO (W)
W Línea 3	62245.83	59220	66980

La potencia en la línea 3 tienen como valor mínimo de 59220[W] y como máximo 66980[W]

De acuerdo a lo anterior y a los resultados de corriente, se puede observar que el desbalanceo entre fases está dentro del rango.

TRANSFORMADOR TR-03

FRECUENCIA.



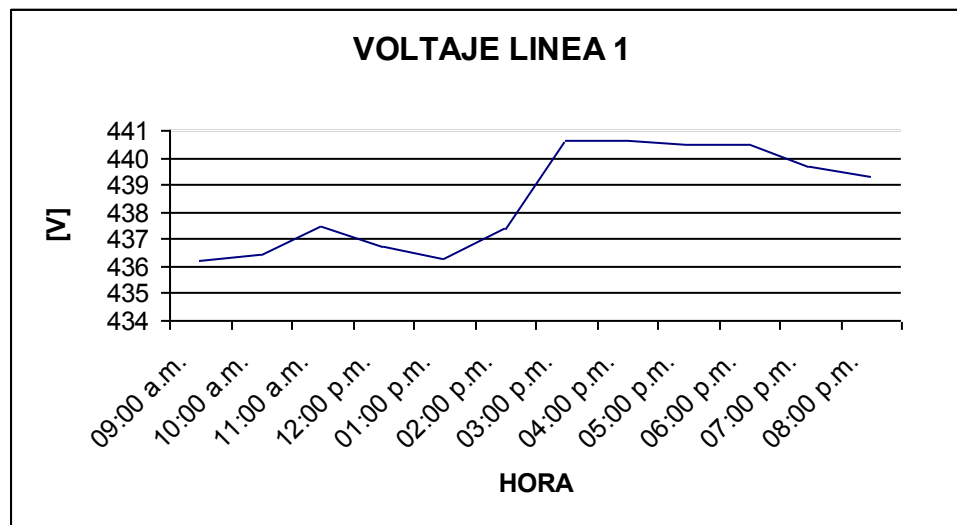


	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
FRECUENCIA	60.01 (Hz)	59.99 (Hz)	60.05 (Hz)

La norma permite el rango de 59.8 a 60.2 Hz, por lo tanto en este caso es aceptable.

TENSIÓN DE FASE A FASE.

De acuerdo a lo anterior el rango aceptable para un sistema de 440 V es de 396 V a 484 V.

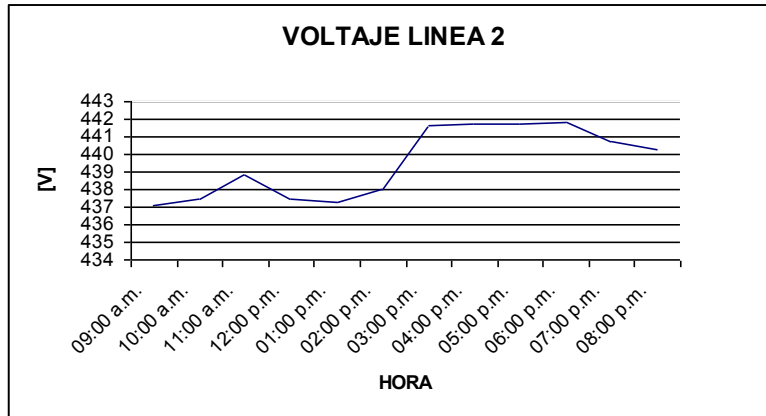


	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 1	438.475 (V)	436.2 (V)	440.6 (V)

El voltaje mínimo entre fase y fase de la línea 1 es de 436.2 [V] y el máximo es de 440.6 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 1 están dentro del rango.

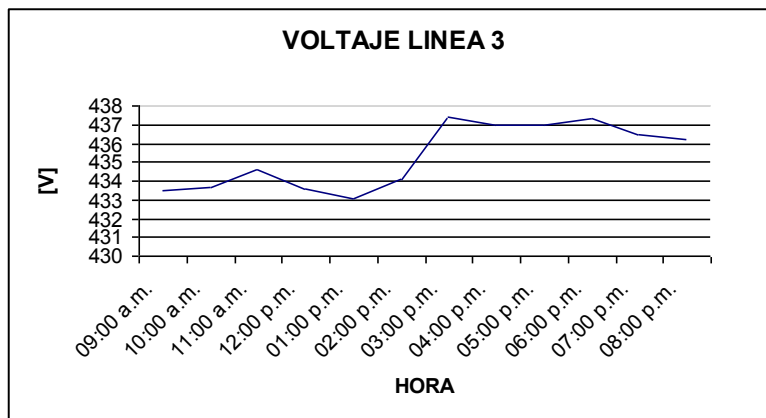


Calidad de la energía



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 2	439.5 (V)	437.1 (V)	441.8 (V)

El voltaje mínimo entre fase y fase de la línea 2 es de 437.1 [V] y el máximo es de 441.8 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 2 están dentro del rango.



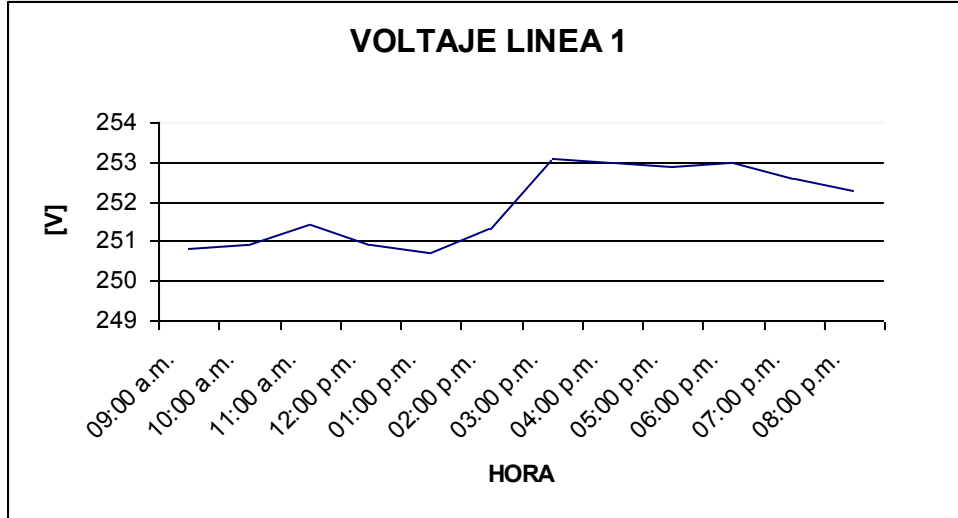
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 3	435.33 (V)	433.1 (V)	437.4 (V)

El voltaje mínimo entre fase y fase de la línea 3 es de 433.1 [V] y el máximo es de 437.4 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 3 están dentro del rango.

La tensión en las tres líneas se encuentra aceptable ya que están dentro del rango del $\pm 10\%$ que acepta el artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005.

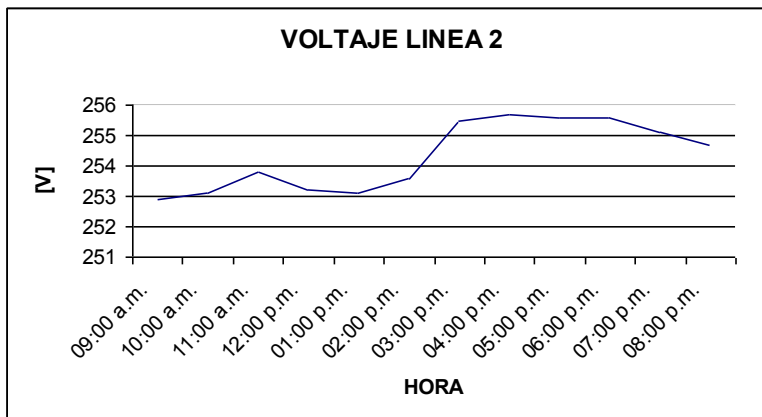


TENSIÓN DE FASE A NEUTRO.



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 1	251.90 (V)	250.8 (V)	252.3 (V)

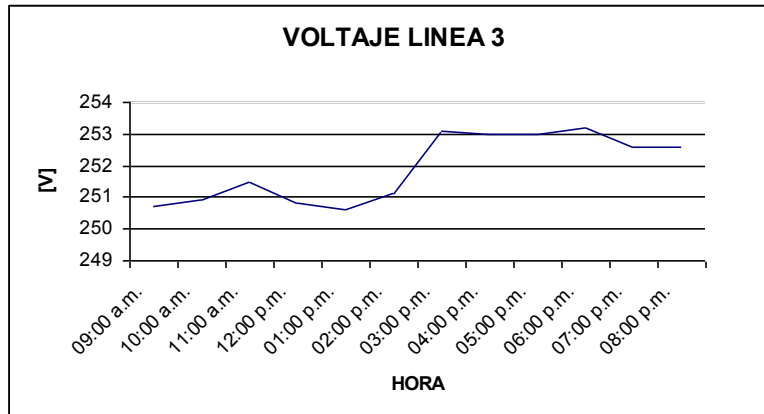
El voltaje mínimo entre fase y neutro de la línea 1 es de 250.8 [V] y el máximo es de 252.3 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 1 están dentro del rango.



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 2	254.325 (V)	252.9 (V)	254.7 (V)



El voltaje mínimo entre fase y neutro de la línea 2 es de 252.9 [V] y el máximo es de 254.7 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 2 están dentro del rango.



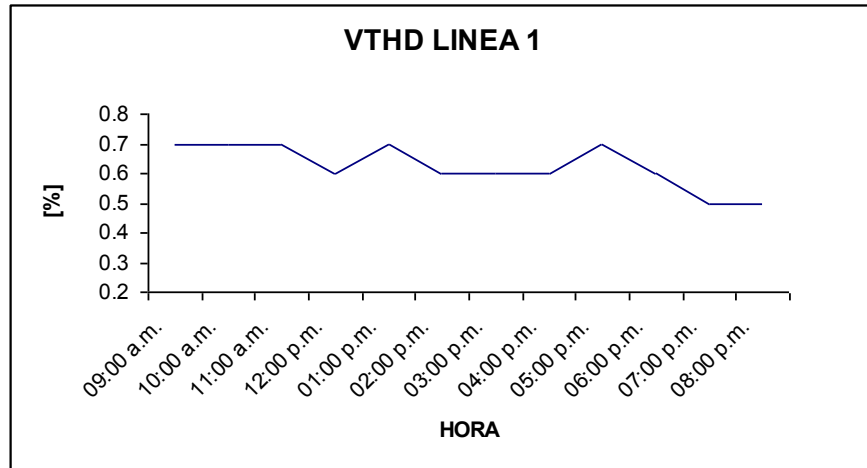
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 3	251.92 (V)	250.7 (V)	252.6 (V)

El voltaje mínimo entre fase y neutro de la línea 3 es de 250.7[V] y el máximo es de 252.6[V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 3 están dentro del rango.

La tensión en las tres líneas se encuentra aceptable ya que están dentro del rango del $\pm 10\%$ que acepta el artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005.

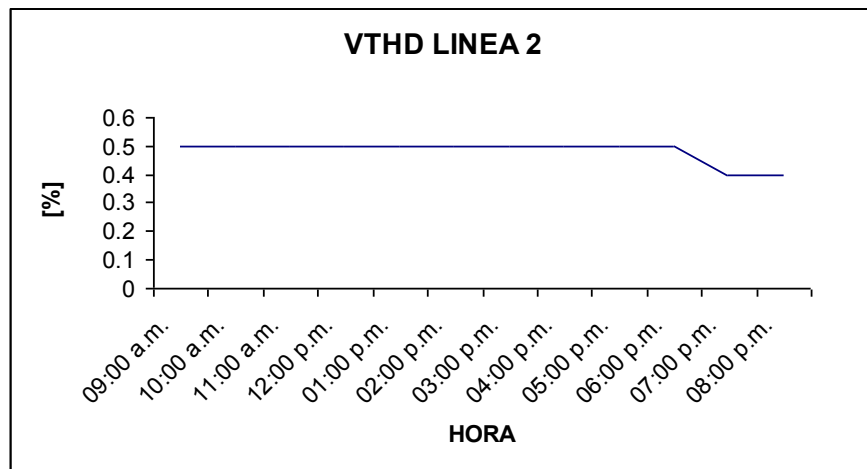


ARMÓNICOS DE TENSIÓN.



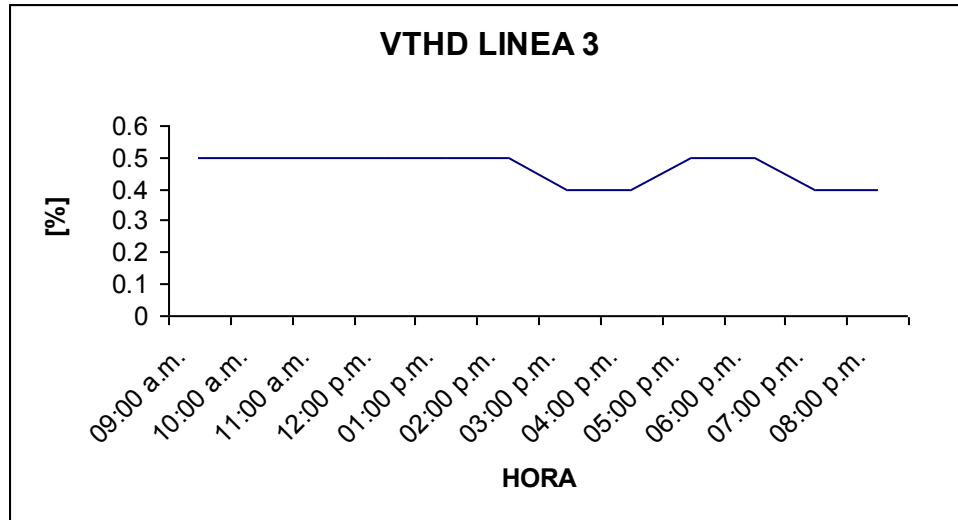
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vthd Línea 1	0.625 %	0.5 %	0.7 %

Los armónicos de voltaje en la línea 1 tienen como valor mínimo de 0.5 [%] y como máximo 0.7 [%]



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vthd Línea 2	0.48 %	0.4 %	0.5 %

Los armónicos de voltaje en la línea 2 tienen como valor mínimo de 0.4 [%] y como máximo 0.5 [%]

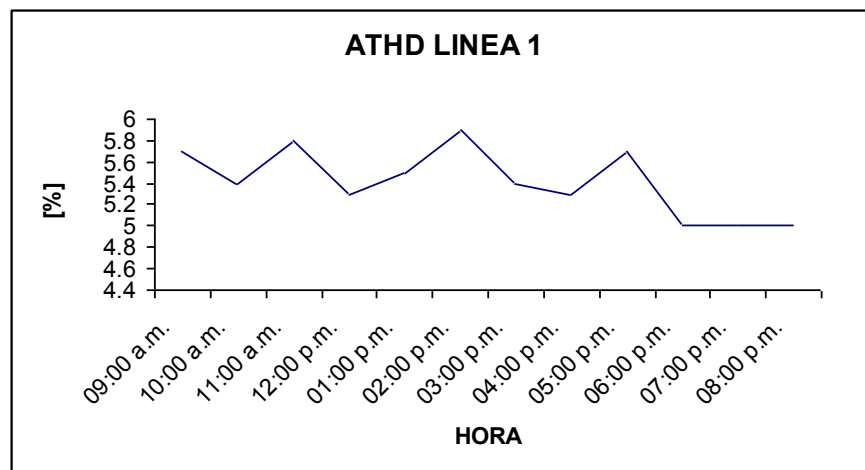


	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vthd Línea 3	0.46 %	0.4 %	0.5 %

Los armónicos de voltaje en la línea 3 tienen como valor mínimo de 0.46 [%] y como máximo 0.5 [%]

El rango máximo aceptable para un valor de distorsión armónica total es del 10%, por lo cual los armónicos de voltaje se encuentran dentro del rango

ARMÓNICOS DE CORRIENTE.



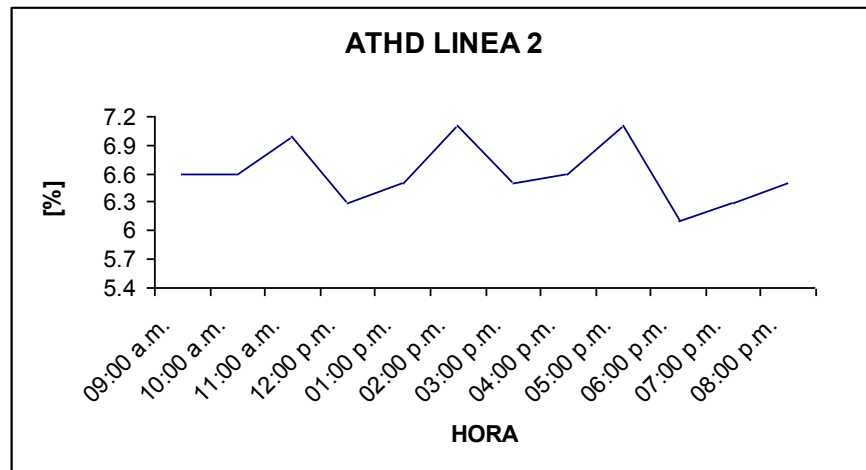


Calidad de la energía



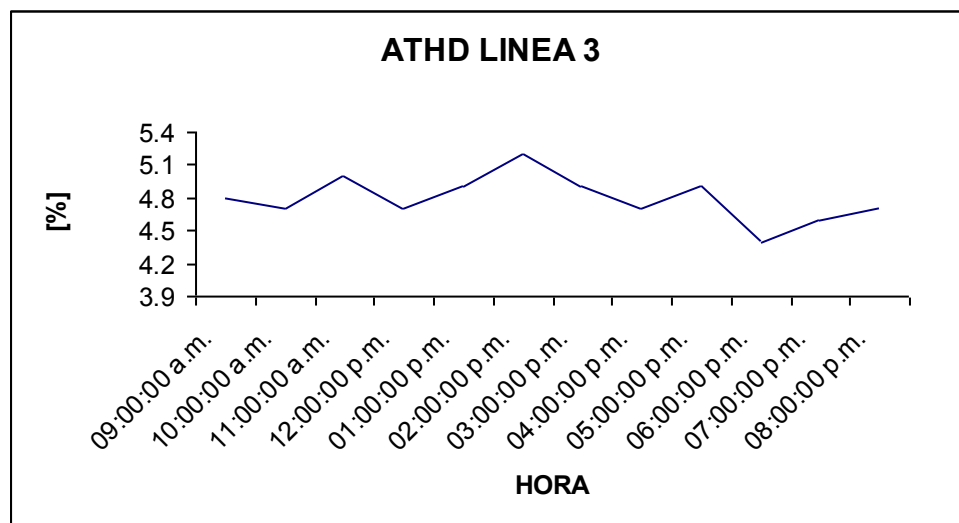
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Athd Línea 1	5.41 %	5 %	5.9 %

Los armónicos de corriente en la línea 1 tienen como valor mínimo de 5 [%] y como máximo 5.9 [%]



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Athd Línea 2	6.6 %	6.1 %	7.1 %

Los armónicos de corriente en la línea 2 tienen como valor mínimo de 6.1 [%] y como máximo 7.1 [%]



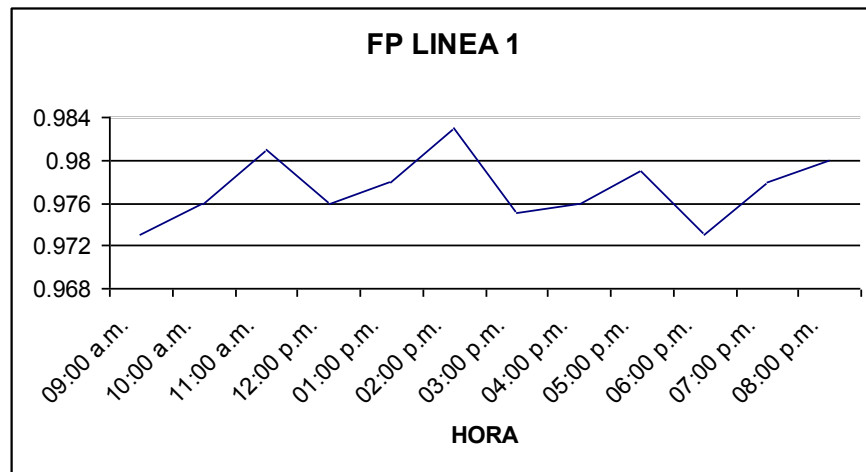


	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Athd Línea 3	4.79 %	4.4 %	4.7 %

Los armónicos de corriente en la línea 3 tienen como valor mínimo de 4.4 [%] máximo 4.7 [%]

El rango máximo aceptable para un valor de distorsión armónica total es del 10%, por lo cual los armónicos de corriente se encuentran dentro del rango.

FACTOR DE POTENCIA.

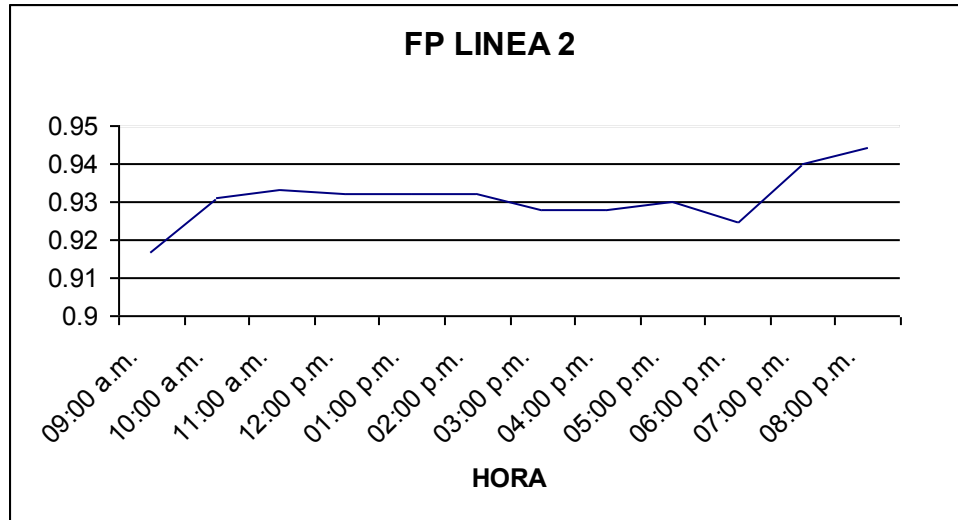


	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
PF Línea 1	0.977	0.973	0.983

El factor de potencia en la línea 1 tiene un valor mínimo de 0.973 y como máximo 0.983; la norma NOM-001-SEDE-2005 permite como valor mínimo permisible de 0.9, por lo cual en la línea 1 se tiene un factor de potencia aceptable.

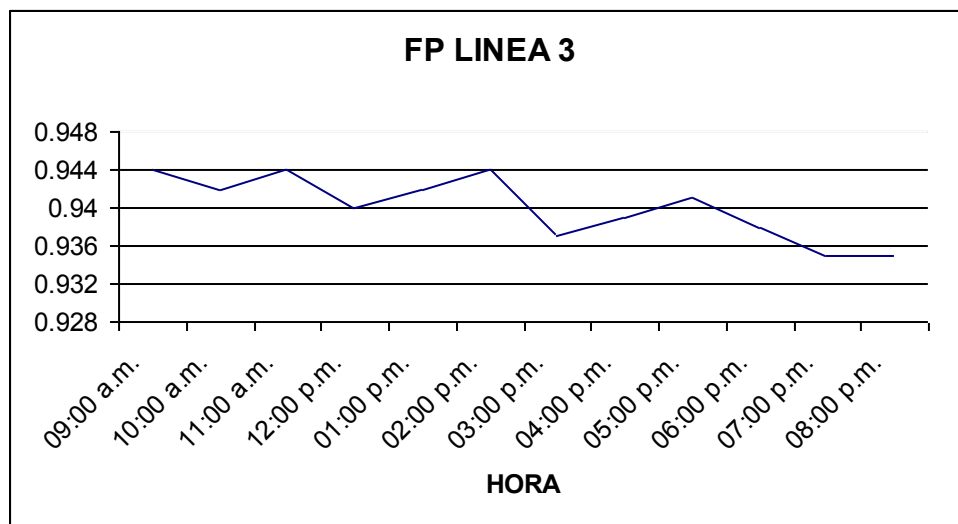


Calidad de la energía



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
PF Línea 2	0.931	0.917	0.944

El factor de potencia en la línea 2 tiene un valor mínimo de 0.917 y como máximo 0.944; la norma NOM-001-SEDE-2005 permite como valor mínimo permisible de 0.9, por lo cual en la línea 2 se tiene un factor de potencia aceptable.



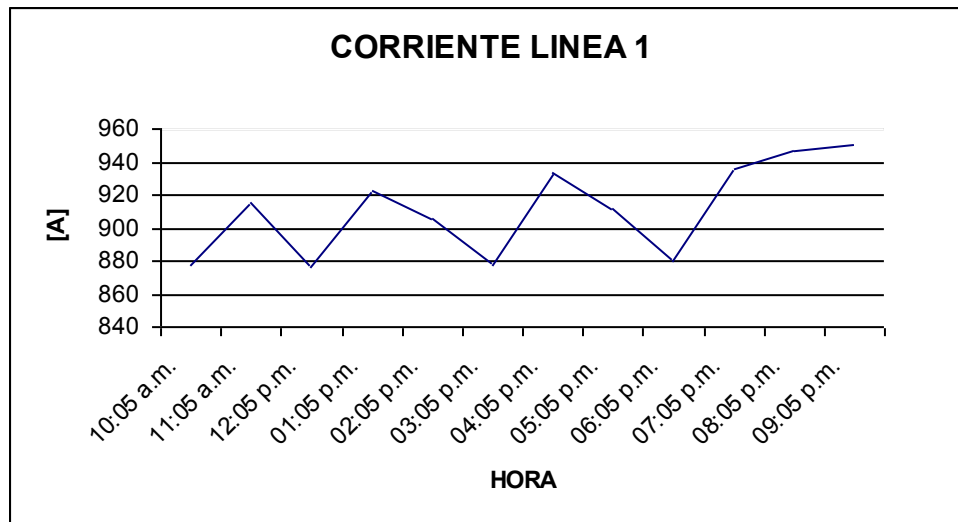
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
PF Línea 3	0.94	0.935	0.944



El factor de potencia en la línea 3 tiene un valor mínimo de 0.935 y como máximo 0.944; la norma NOM-001-SEDE-2005 permite como valor mínimo permisible de 0.9, por lo cual en la línea 3 se tiene un factor de potencia aceptable.

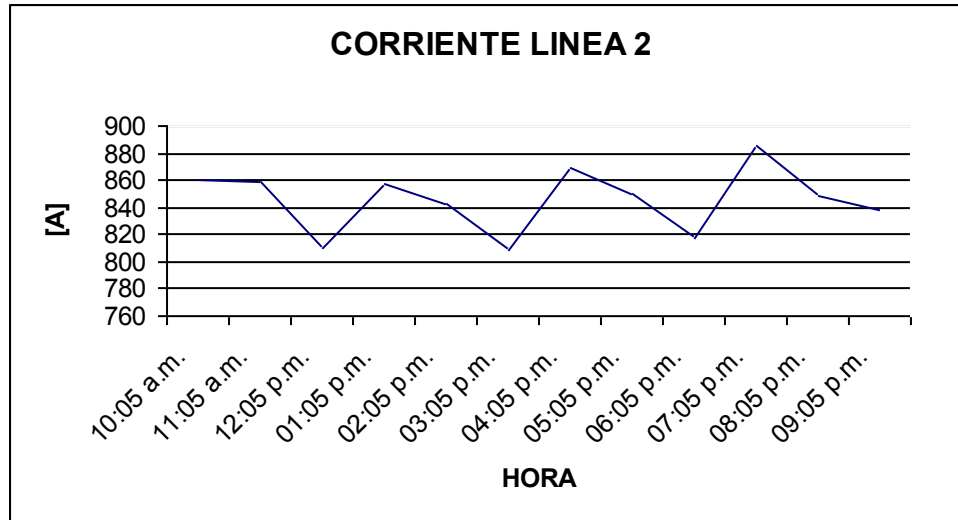
De acuerdo a la norma NOM-001-SEDE-2005 las tres líneas tienen un valor de factor de potencia aceptable.

CORRIENTE.



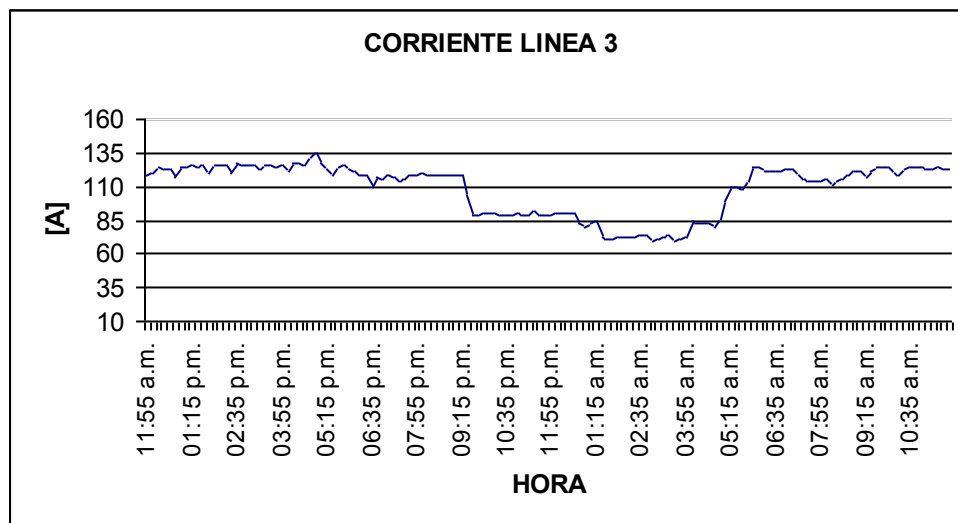
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Arms Línea 1	911.05 (A)	877.8 (A)	950.25 (A)

La corriente mínima en la línea 1 es de 877 [A] y la máxima es de 950.25 [A]



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Arms Línea 2	845.5125 (A)	808.5 (A)	885.15 (A)

La corriente mínima en la línea 2 es de 808.5 [A] y la máxima es de 885.15 [A]

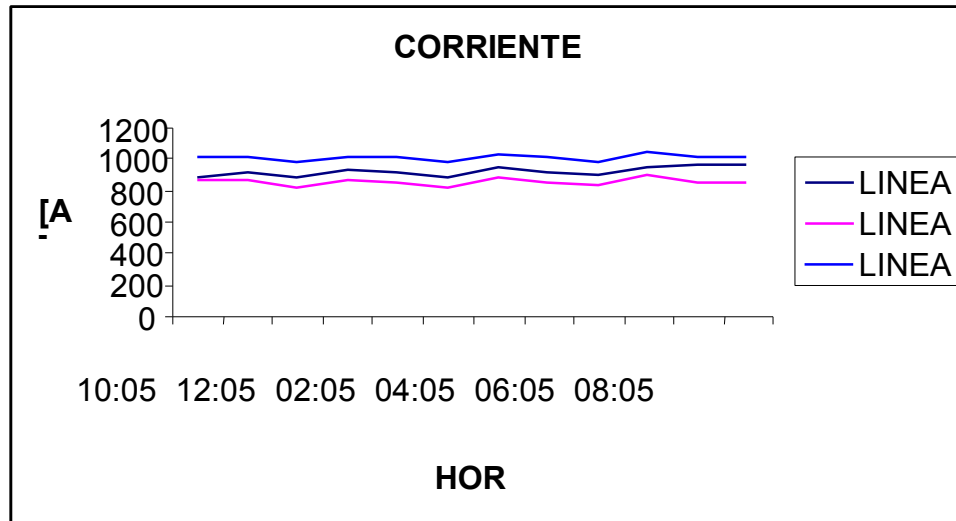


	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Arms Línea 3	999.6875 (A)	971.25 (A)	1032.15 (A)

La corriente mínima en la línea 3 es de 971.25 [A] y la máxima es de 1032.15 [A]



CORRIENTE DE LAS TRES LÍNEAS.



Tomando el valor pico más alto, y de acuerdo a la norma NOM-001-SEDE-2005 que permite solo el 5% de desbalanceo se tiene:

LÍNEA 1	LÍNEA 2	LÍNEA 3
950.25	885.15	1032.15

LÍNEA 1 – LÍNEA 2

$$\frac{950.25 - 885.15}{950.25} \times 100 = 6.8\% > 5\%$$

LÍNEA 2 – LÍNEA 3

$$\frac{1032.15 - 885.15}{1032.15} \times 100 = 14.24\% > 5\%$$

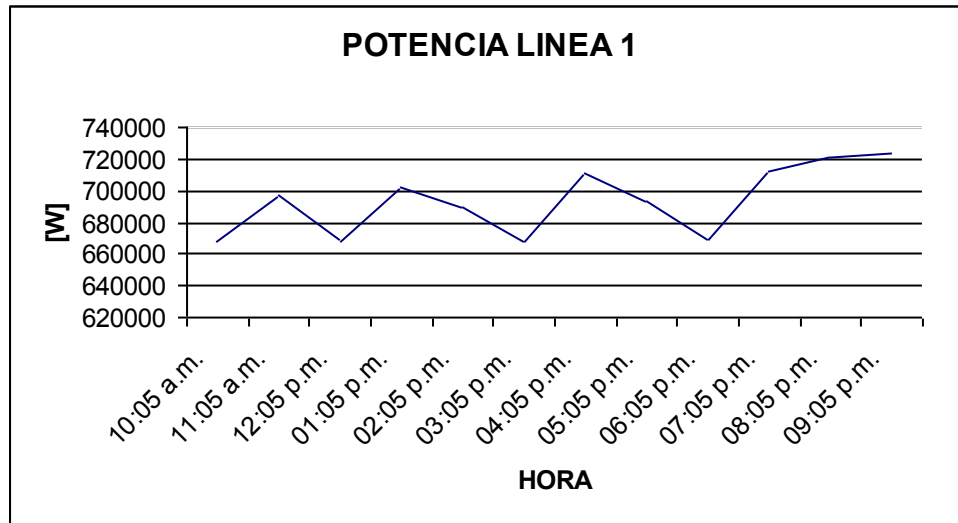
LÍNEA 3 – LÍNEA 1

$$\frac{1032.15 - 950.25}{1032.15} \times 100 = 7.93\% > 5\%$$

De acuerdo a lo anterior, se puede observar un desbalanceo entre las fases.

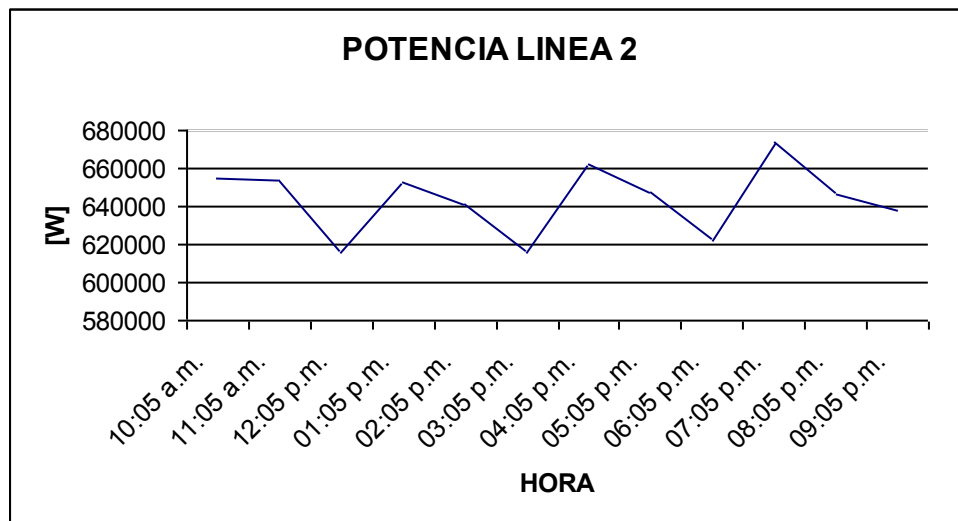


POTENCIA.



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
W Línea 1	693491.26 (W)	668181.36 (W)	723330.3 (W)

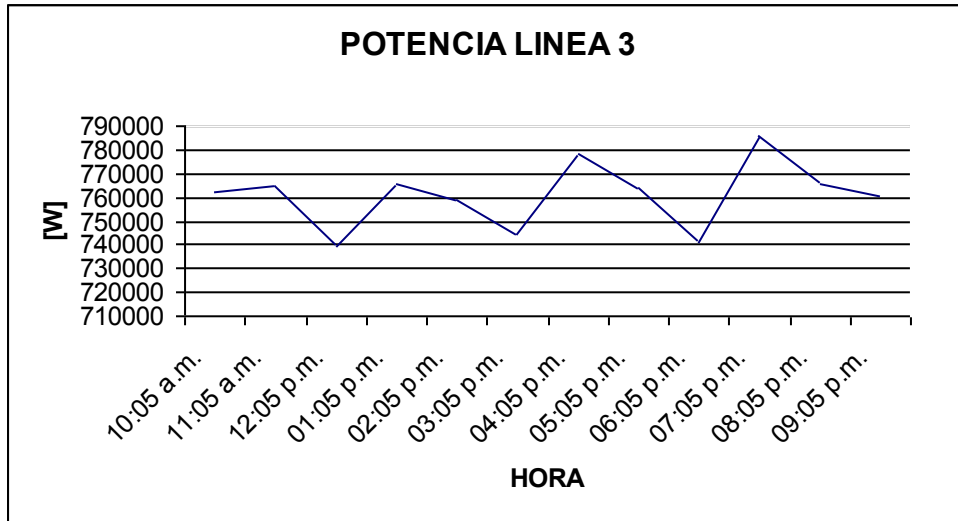
La potencia en la línea 1 tienen como valor mínimo de 668181.36 [W] y como máximo 723330.3 [W]



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
W Línea 2	643604.115 (W)	653794.68 (W)	673776.18 (W)



La potencia en la línea 2 tienen como valor mínimo de 653794.68 [W] y como máximo 673776.18 [W]

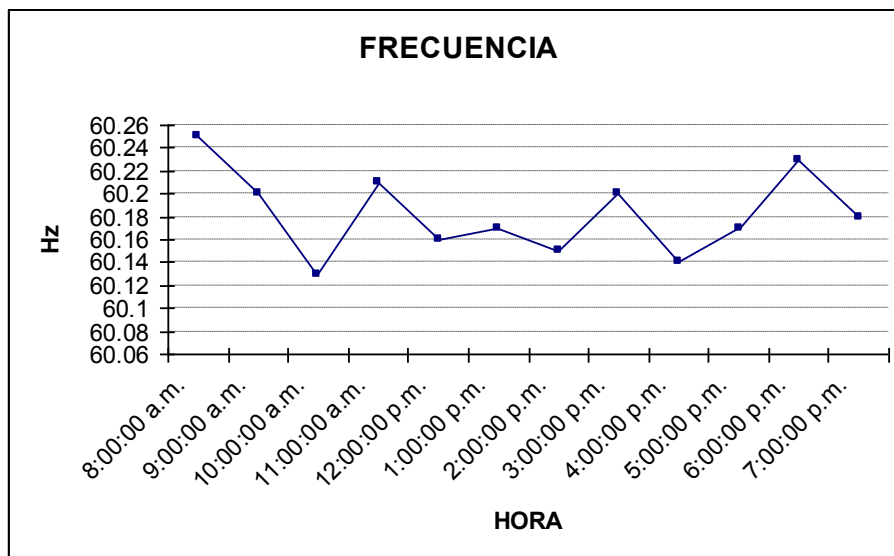


	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
W Línea 3	760962.125 (W)	739315.5 (W)	785672.58 (W)

La potencia en la línea 3 tienen como valor mínimo de 739315.5 [W] y como máximo 785672.58 [W].

TRANSFORMADOR TR-04

FRECUENCIA.

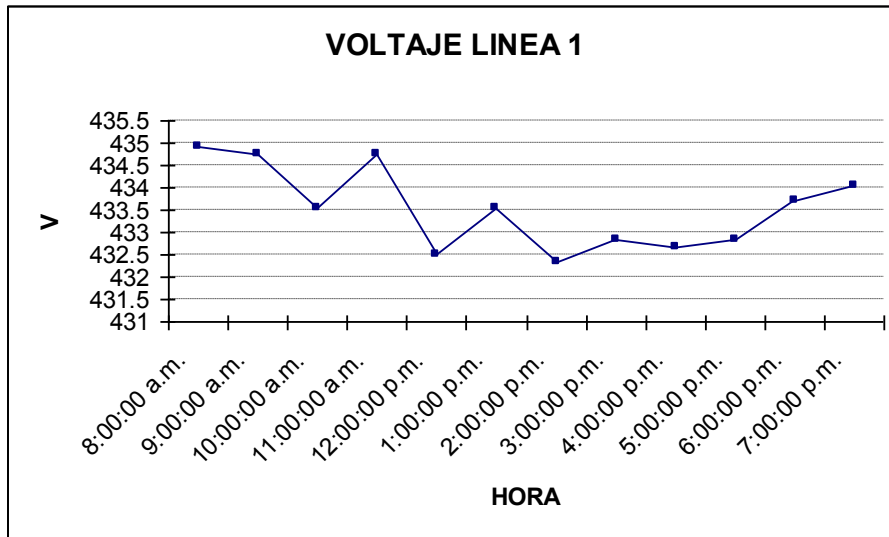




	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Frecuencia	60.18 Hz	60.13 Hz	60.25 Hz

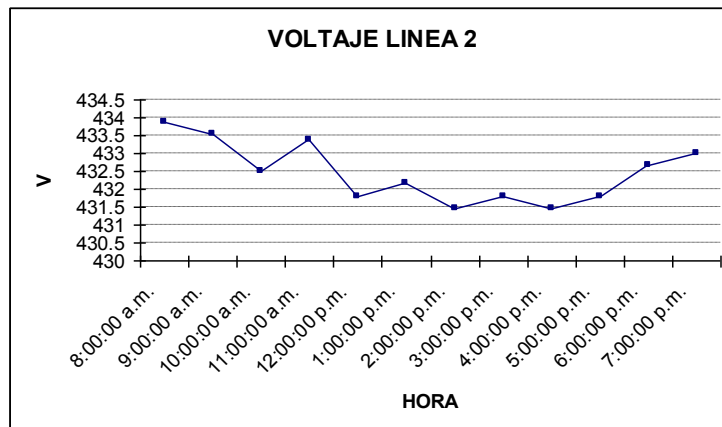
La norma permite el rango de 59.8 a 60.2 Hz, por lo tanto en este caso es aceptable.

VOLTAJE DE FASE A FASE.



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 1	433.53 (V)	432.31 (V)	434.91 (V)

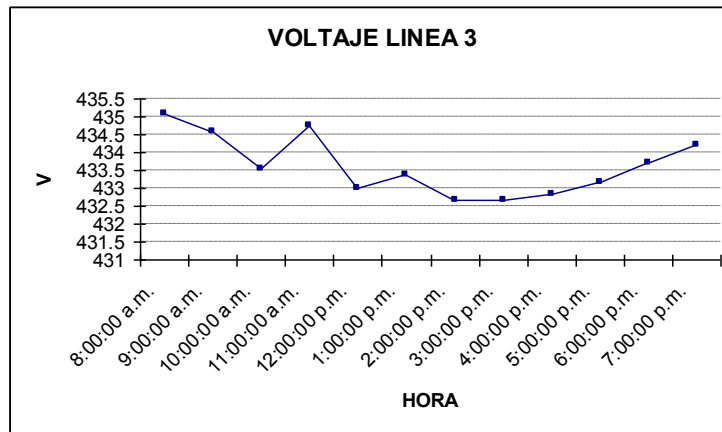
El voltaje mínimo entre fase y fase de la línea 1 es de 432.31 [V] y el máximo es de 434.91 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 1 están dentro del rango.





	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 2	432.44 (V)	431.45 (V)	433.87 (V)

El voltaje mínimo entre fase y fase de la línea 2 es de 431.45 [V] y el máximo es de 433.87 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 2 están dentro del rango.



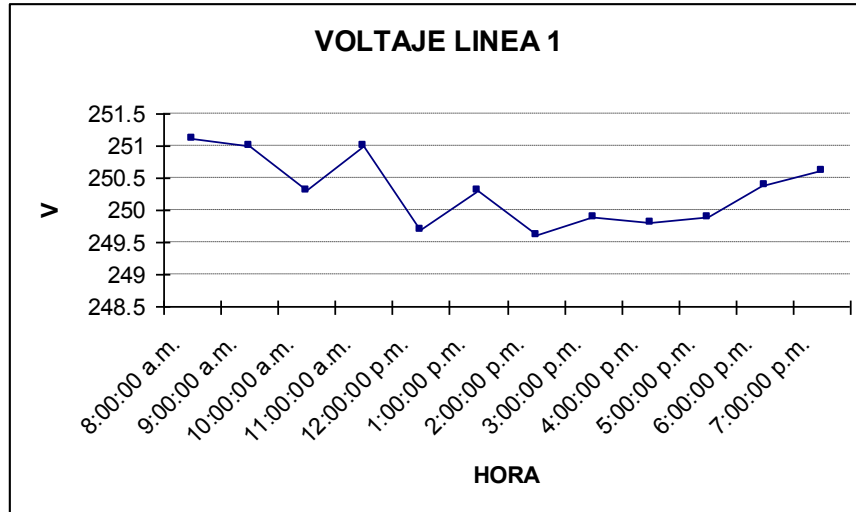
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 3	433.63 (V)	432.66 (V)	435.09 (V)

El voltaje mínimo entre fase y fase de la línea 3 es de 432.66 [V] y el máximo es de 435.09 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 3 están dentro del rango.

La tensión en las tres líneas se encuentra aceptable ya que están dentro del rango de $\pm 10\%$ que acepta el artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005.

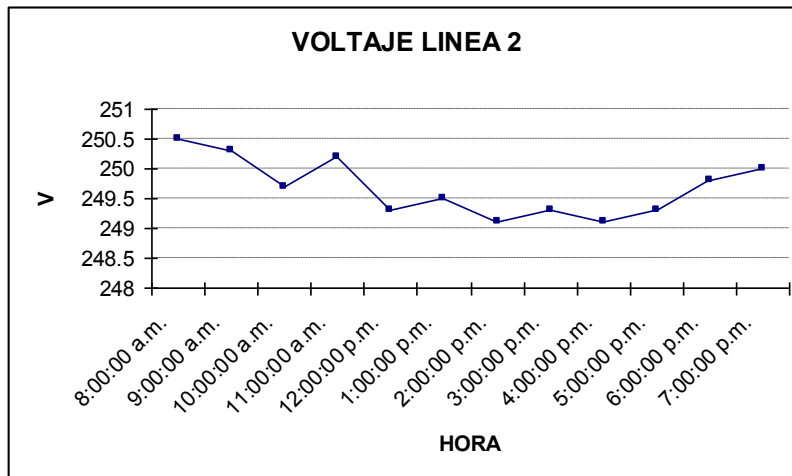


VOLTAJE DE FASE A NEUTRO.



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 1	250.3 (V)	249.6 (V)	251.1 (V)

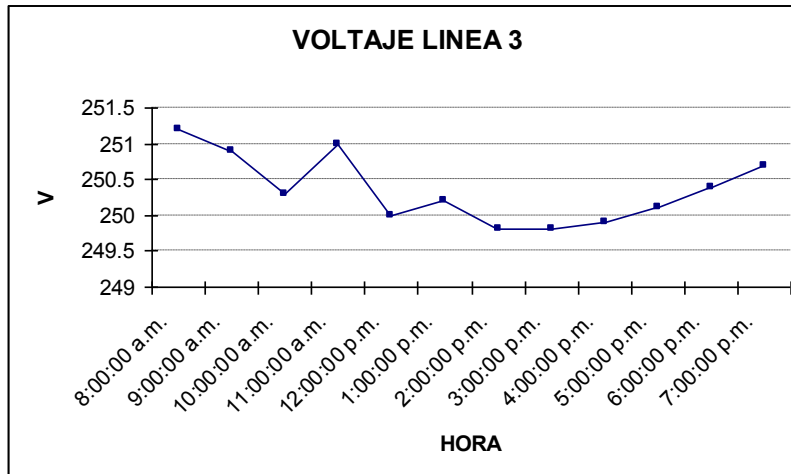
El voltaje mínimo entre fase y neutro de la línea 1 es de 249.6 [V] y el máximo es de 251.1 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 1 están dentro del rango.



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 2	249.67 (V)	249.1 (V)	250.5 (V)



El voltaje mínimo entre fase y neutro de la línea 2 es de 249.1 [V] y el máximo es de 250.5 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 2 están dentro del rango.



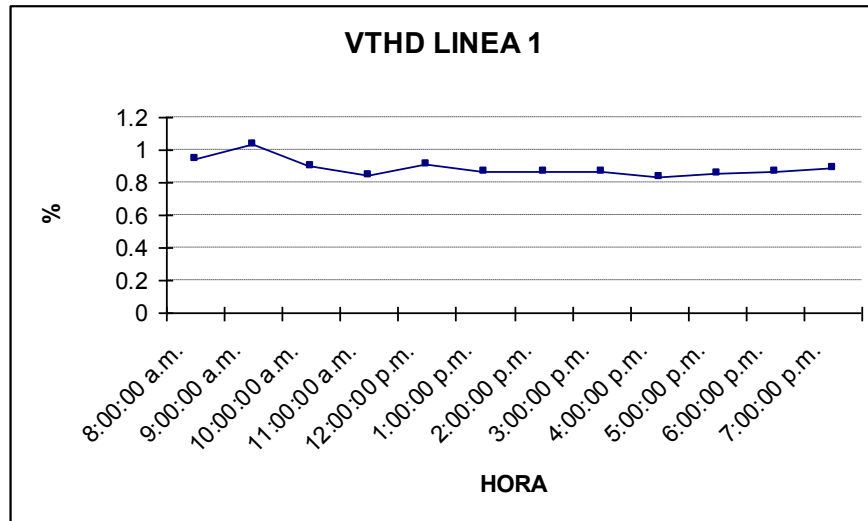
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vrms Línea 3	250.35 (V)	249.8 (V)	251.2 (V)

El voltaje mínimo entre fase y neutro de la línea 3 es de 249.8 [V] y el máximo es de 251.2 [V]; en función al artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005 los valores de voltaje de la línea 3 están dentro del rango.

La tensión en las tres líneas se encuentra aceptable ya que están dentro del rango del $\pm 10\%$ que acepta el artículo 110-4 de la norma NOM-001-SEDE-2005.

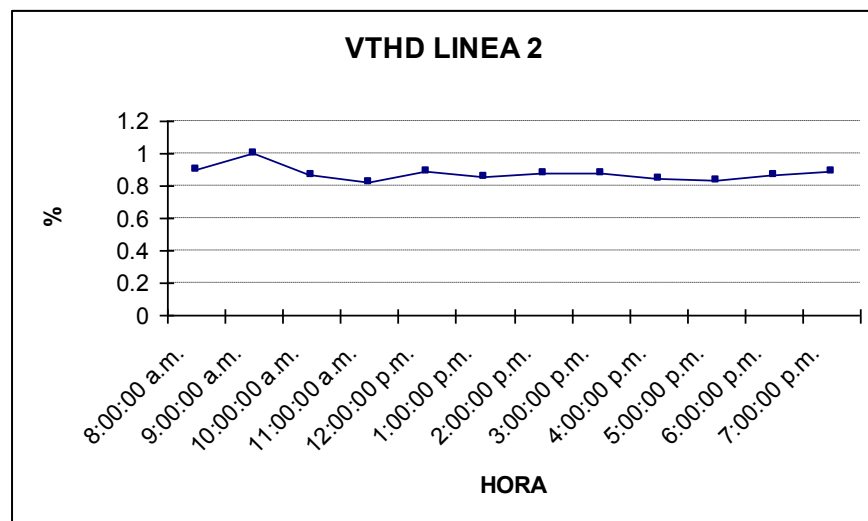


ARMÓNICOS DE TENSIÓN.



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vthd Línea 1	0.89 %	0.83 %	1.03 %

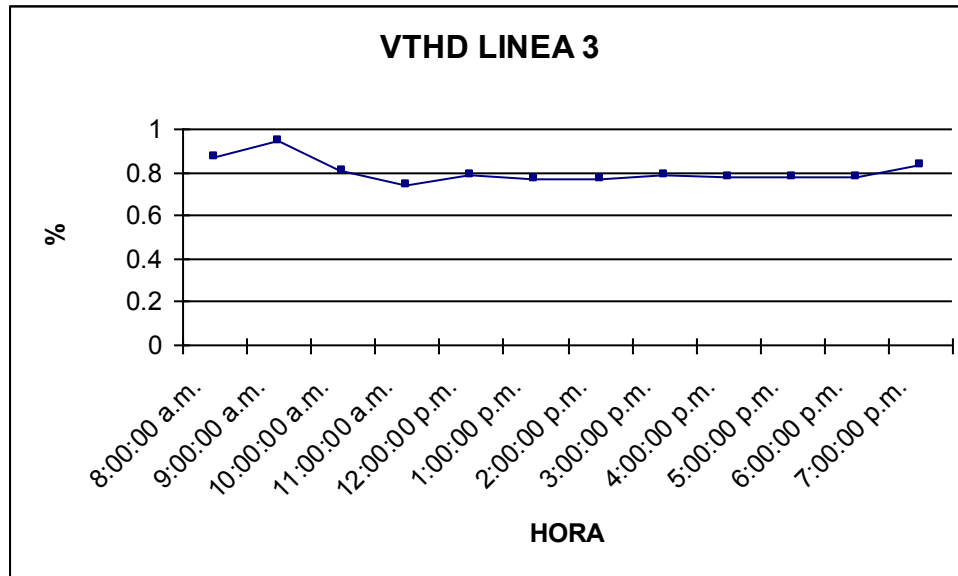
Los armónicos de voltaje en la línea 1 tienen como valor mínimo de 0.83 [%] y como máximo 1.03 [%]





	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vthd Línea 2	0.87 %	0.82 %	1 %

Los armónicos de voltaje en la línea 2 tienen como valor mínimo de 0.82 [%] y como máximo 1 [%]



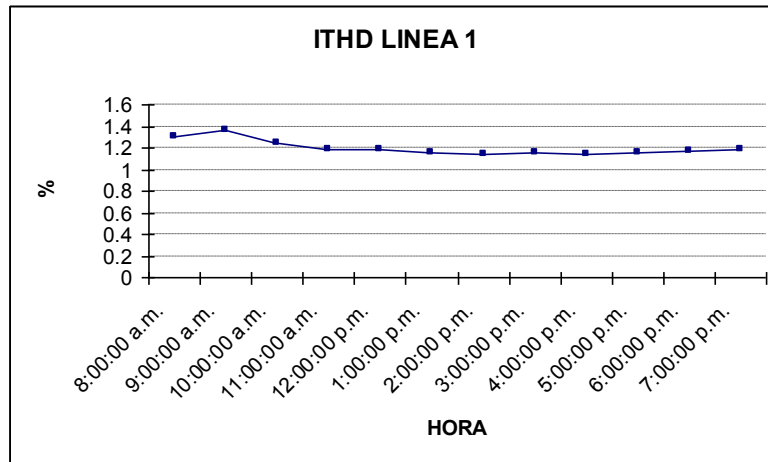
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vthd Línea 3	0.80 %	0.74 %	0.94 %

Los armónicos de voltaje en la línea 3 tienen como valor mínimo de 0.74 [%] y como máximo 0.94 [%]

El rango máximo aceptable para un valor de distorsión armónica total es del 10%, por lo cual los armónicos de voltaje se encuentran dentro del rango.

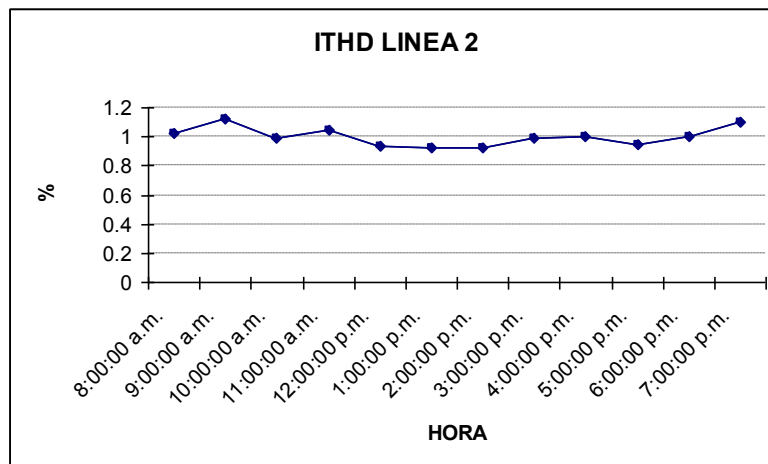


ARMÓNICOS DE CORRIENTE.



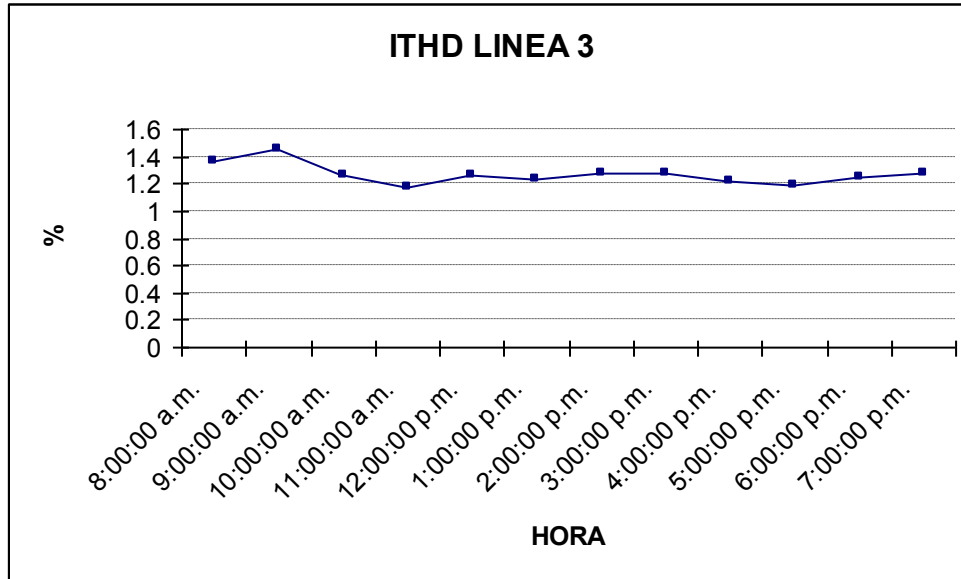
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Athd Línea 1	1.199 %	1.14 %	1.37 %

Los armónicos de corriente en la línea 1 tienen como valor mínimo de 1.14 [%] y como máximo 1.37 [%]



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Athd Línea 2	0.99 %	0.93 %	1.12 %

Los armónicos de corriente en la línea 2 tienen como valor mínimo de 0.93 [%] y como máximo 1.12 [%]

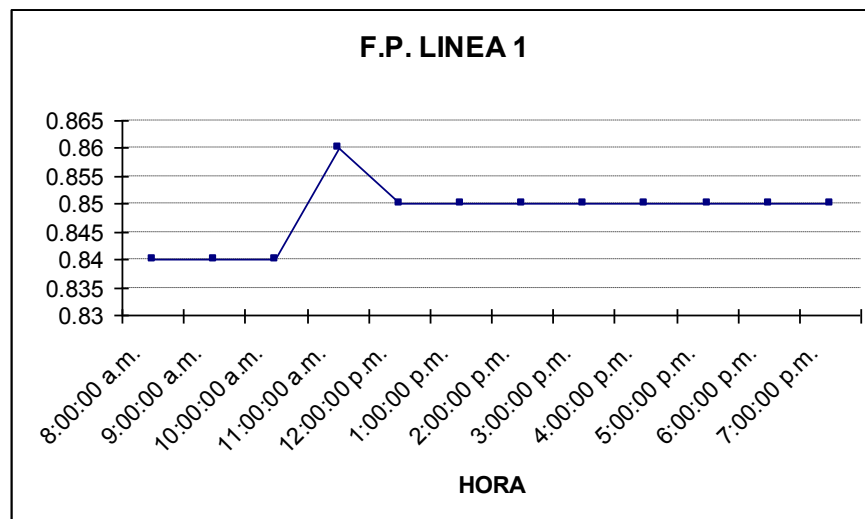


	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Athd Línea 3	1.27 %	1.17 %	1.45 %

Los armónicos de corriente en la línea 3 tienen como valor mínimo de 1.17 [%] y como máximo 1.45 [%]

El rango máximo aceptable para un valor de distorsión armónica total es del 10%, por lo cual los armónicos de corriente se encuentran dentro del rango.

FACTOR DE POTENCIA.



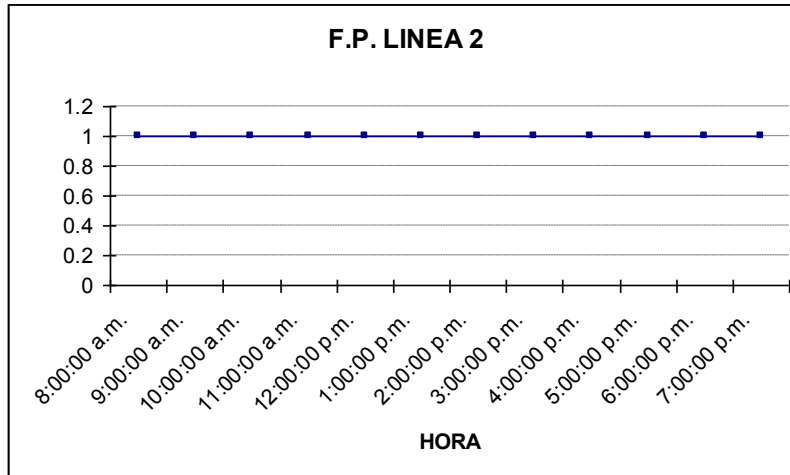


Calidad de la energía



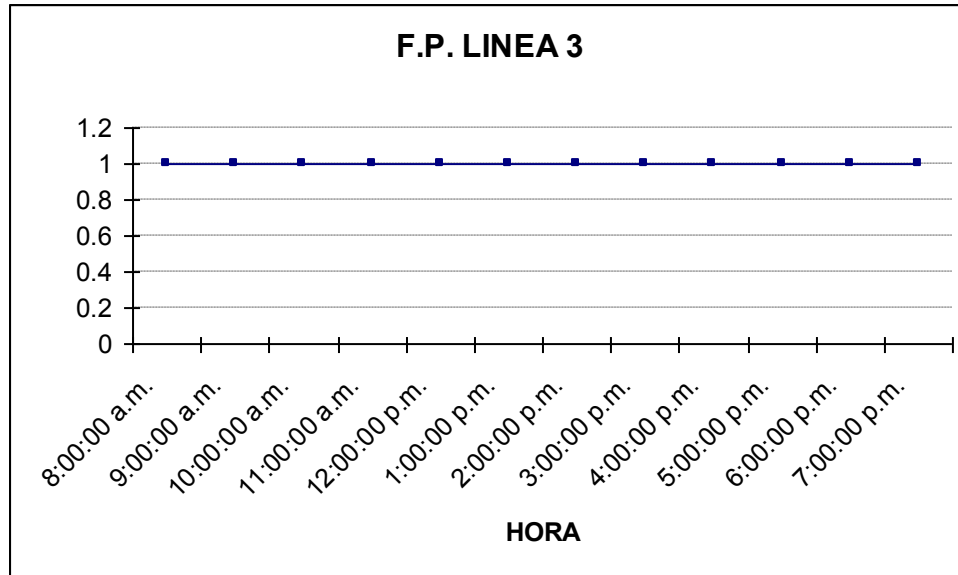
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
PF Línea 1	0.848	0.84	0.86

El factor de potencia en la línea 1 tiene un valor mínimo de 0.84 y como máximo 0.86; la norma NOM-001-SEDE-2005 permite como valor mínimo permisible de 0.9, por lo cual en la línea 1 no se tiene un factor de potencia aceptable.



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
PF Línea 2	1	1	1

El factor de potencia en la línea 2 tiene un valor mínimo de 1 y como máximo 1; la norma NOM-001-SEDE-2005 permite como valor mínimo permisible de 0.9, por lo cual en la línea 2 se tiene un factor de potencia aceptable.



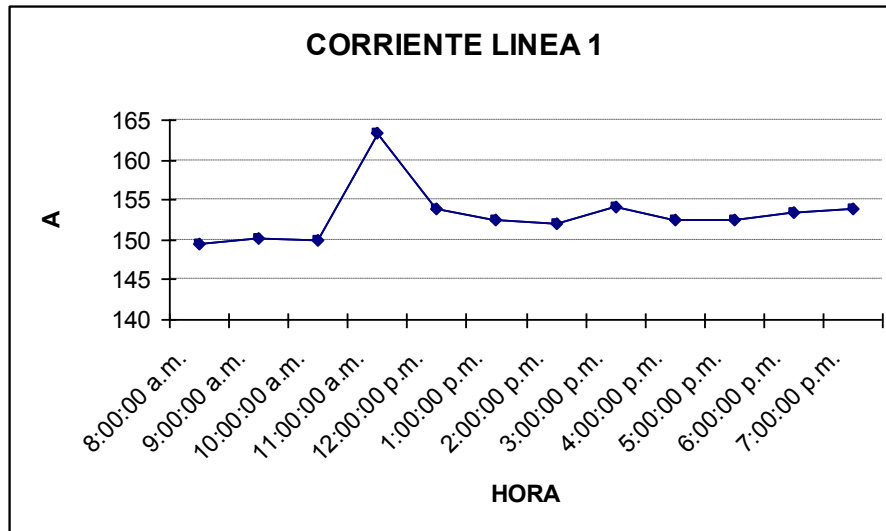
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
PF Línea 3	1	1	1

El factor de potencia en la línea 3 tiene un valor mínimo de 1 y como máximo 1; la norma NOM-001-SEDE-2005 permite como valor mínimo permisible de 0.9, por lo cual en la línea 3 se tiene un factor de potencia aceptable.

De acuerdo a la norma NOM-001-SEDE-2005 la líneas 1 no tiene un valor de factor de potencia aceptable. Las líneas 2 y 3 tienen un factor de potencia aceptable.

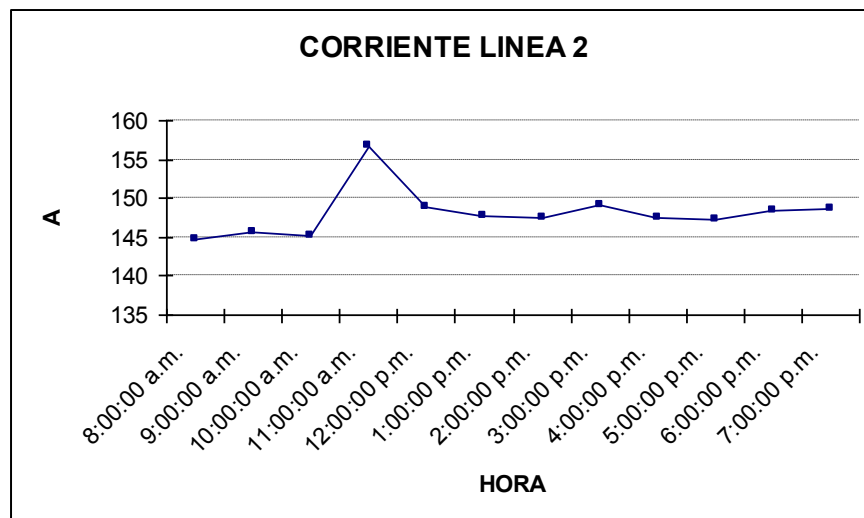


CORRIENTE.



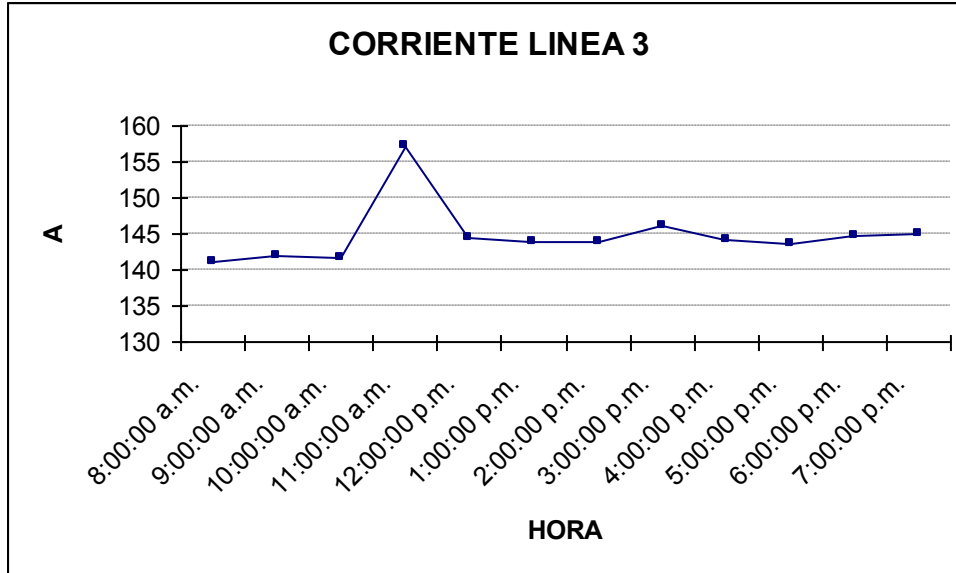
	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Arms Línea 1	153.15 (A)	149.5 (A)	163.4 (A)

La corriente mínima en la línea 1 es de 149.5 [A] y la máxima es de 163.4 [A]



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Arms Línea 2	148.1 (A)	144.8 (A)	156.7 (A)

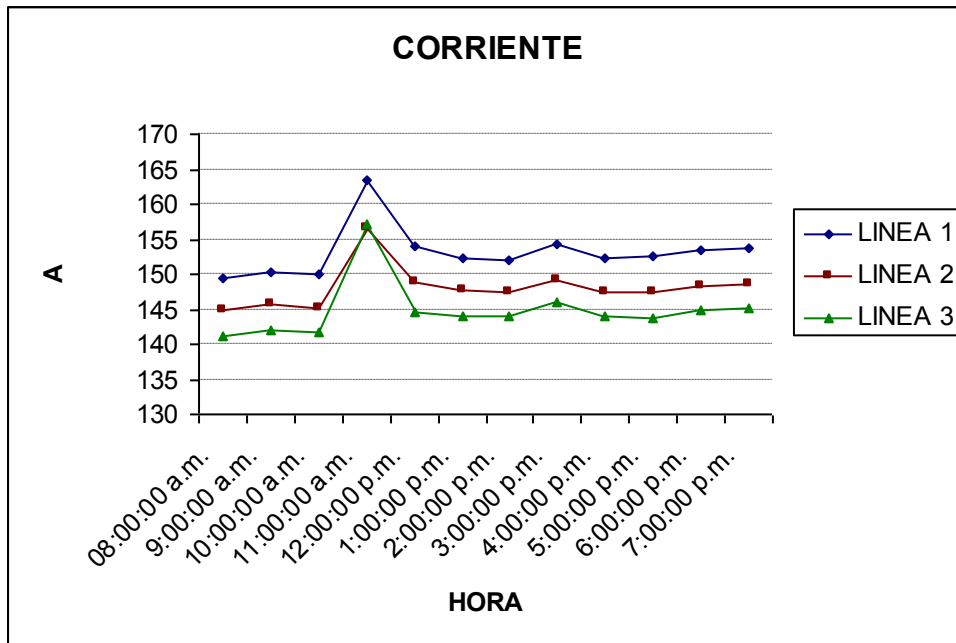
La corriente mínima en la línea 2 es de 144.8 [A] y la máxima es de 156.7 [A]



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Arms Línea 3	144.86 (A)	141.2 (A)	157.1 (A)

La corriente mínima en la línea 3 es de 141.2 [A] y la máxima es de 157.1 [A]

CORRIENTE DE LAS TRES LÍNEAS.





Tomando el valor pico más alto, y de acuerdo a la norma NOM-001-SEDE-2005 que permite solo el 5% de desbalanceo se tiene:

LÍNEA 1	LÍNEA 2	LÍNEA 3
163.4	156.7	157.1

LÍNEA 1 – LÍNEA 2

$$\frac{163.4 - 156.7}{163.4} \times 100 = 4.10\% < 5\%$$

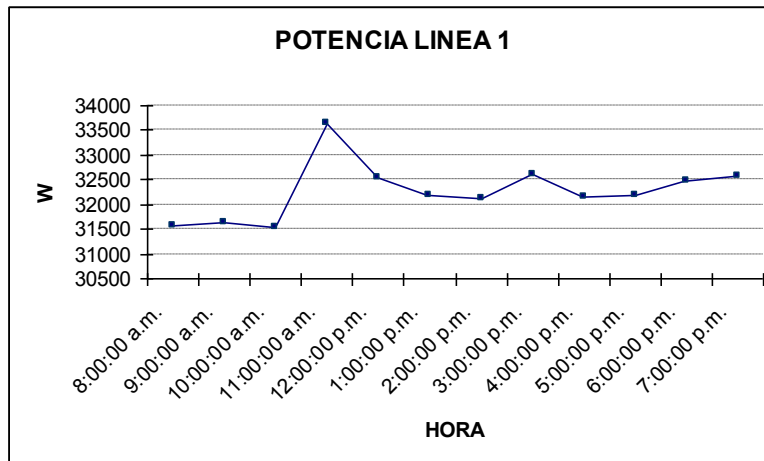
LÍNEA 2 – LÍNEA 3

$$\frac{157.1 - 156.7}{157.1} \times 100 = 0.25\% < 5\%$$

LÍNEA 3 – LÍNEA 1

$$\frac{163.4 - 157.1}{163.4} \times 100 = 3.85\% < 5\%$$

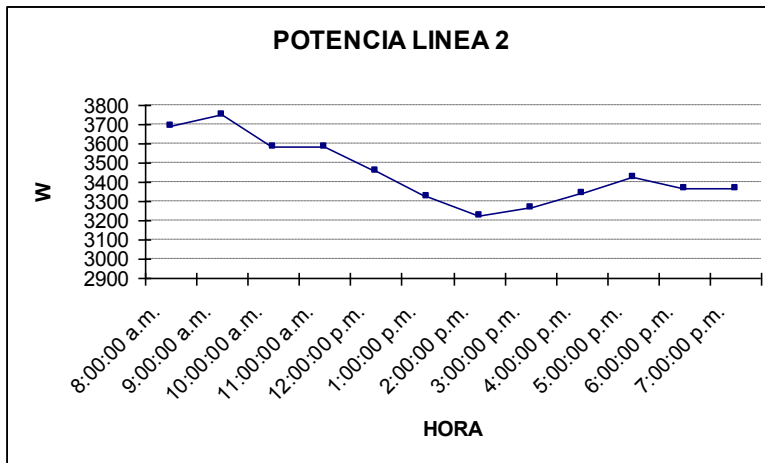
De acuerdo a lo anterior, se puede observar que el desbalanceo entre fases está dentro del rango.



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
W Línea 1	32270 (W)	31550 (W)	33630 (W)

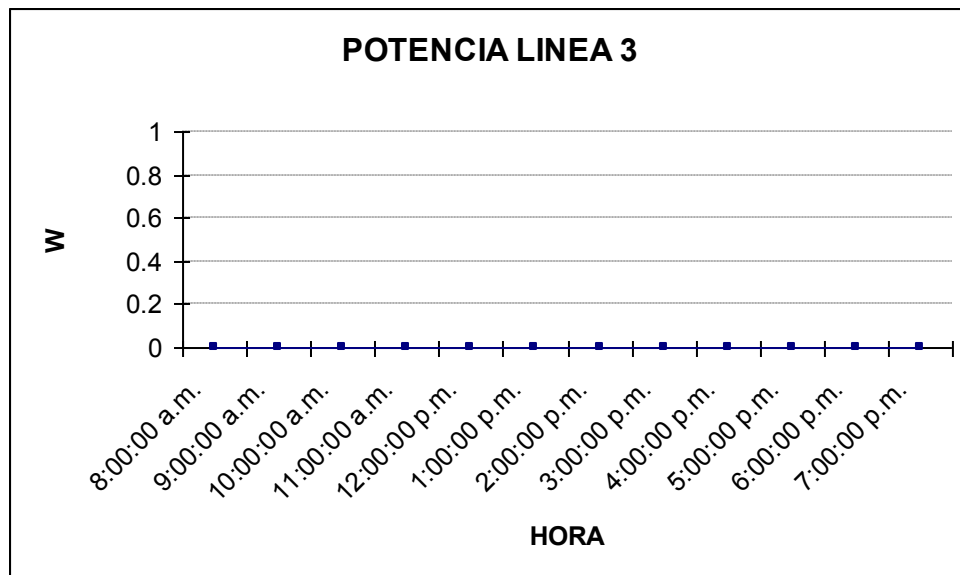


La potencia en la línea 1 tienen como valor mínimo de 31550 [W] y como máximo 33630[W]



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
W Línea 2	3449.41 (W)	3226 (W)	3750 (W)

La potencia en la línea 2 tienen como valor mínimo de 3226 [W] y como máximo 3750 [W]



	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
W Línea 3	0 (W)	0 (W)	0 (W)



La potencia en la línea 3 tienen como valor mínimo de 0 [W] y como máximo 0 [W]. De acuerdo a lo anterior y a los resultados de corriente, se puede observar que el desbalanceo entre fases está dentro del rango.

ESTUDIO DE TERMOGRAFÍA.

¿Para que sirve?

Independientemente de la carga o el tiempo que lleve trabajando un equipo eléctrico se encuentra en continuo deterioro ocasionado por la vibración, fatiga de los materiales y acción del medio. Es vital prevenir que esto ocasione fallas que detengan la continuidad del servicio que afectan la rentabilidad de una empresa. Afortunadamente estos problemas son fácilmente detectables ya que se manifiestan en el aumento de temperatura (efecto Joule). Por lo que una termografía es ideal para prevenir y diagnosticar fallas. Esto sin necesidad de desconectar los equipos.

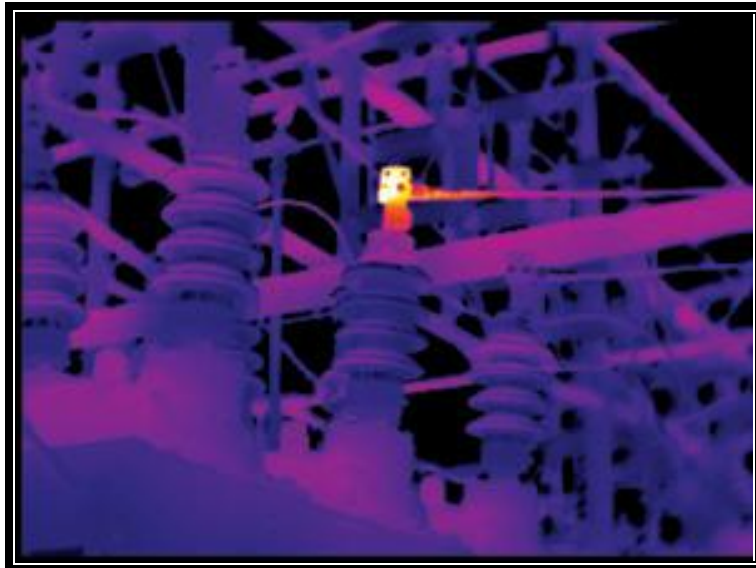


Fig. 4.1



¿Cómo podemos evitar estas fallas?

Creando una rutina de inspección que incluya los equipos de potencia, los centros de carga, tableros de protección y equipos de mayor importancia. Así se crea un historial de las imágenes capturadas con los parámetros de trabajo y se pueden observar cambios en las condiciones de operación y a su vez planificar mantenimientos preventivos y correctivos eficaces.

¿Que es un punto de falla o punto caliente?

De acuerdo con la “Internacional Eléctrics Testing Association” si la diferencia de temperatura entre componentes similares bajo cargas similares supera los 15° debe llevarse a cabo una reparación o sustitución de manera inmediata con el fin de que no quede comprometida la seguridad del mismo. Así mismo cuando la temperatura de un componente sea mayor en 40° C con respecto a la del medio ambiente.

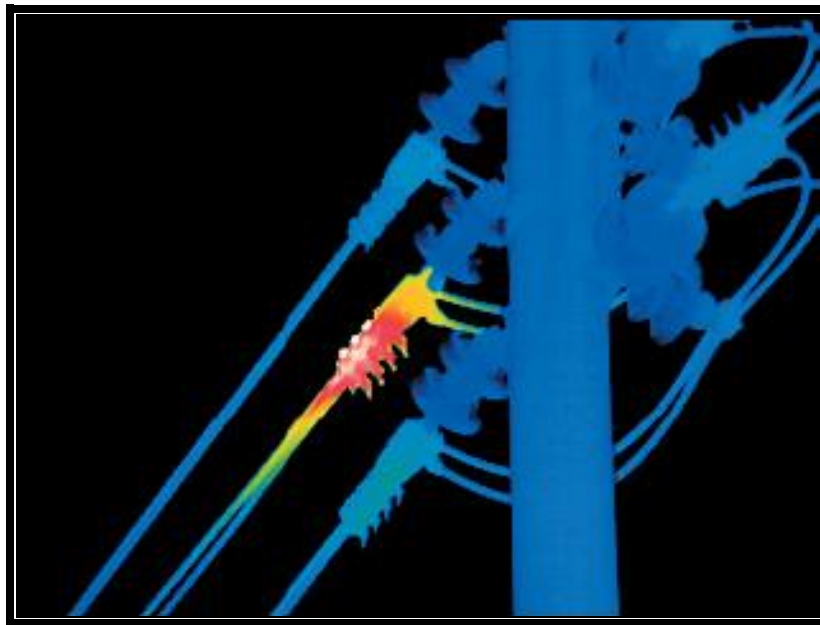


Fig. 4.2



¿Cómo se corrigen los puntos calientes?

Las conexiones con sobrecalentamiento se deben desmontar, limpiar, repararse y reconectar. En caso de sobrecarga o desequilibrio eléctrico se deben redistribuir las cargas o sustituir los elementos conductores.

En caso de pérdida de aislamiento de un componente, se debe sustituir el mismo. Una vez corregida la falla se toman nuevas imágenes para verificar la solución del problema.

TERMOGRAFÍAS REALIZADAS EN LA SUBESTACIÓN DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

Esta subestación tiene equipos nuevos y con poca carga, se recomienda una inspección cuando se terminan las conexiones y se tome la mayor parte de la carga.

Descripción general de las categorías de fallos:

0: Sin anomalías	Ninguna acción
1: Fallo de nivel bajo	Supervisión – Planear nueva inspección
2: Fallo de nivel medio	Reparación durante cierre programado
3: Fallo grave	Reparación inmediata



RESUMEN DE LA INSPECCIÓN.

Ubicación	Equipo	Fallo	Equipo	Número de página
TR1	Tablero A	0	Tablero A	4
TR1	Tablero B	0	Tablero B	5
TR1	Tablero C	0	Tablero C	6
TR2	Tablero A	0	Tablero A	7
TR2	Tablero B	0	Tablero B	8
TR3	Tablero A	0	Tablero A	9
TR3	Tablero B	0	Tablero B	10
TR3	Tablero C	0	Tablero C	11
TR3	Tablero D	0	Tablero D	12
TR4	Tablero A	0	Tablero A	13
TR4	Tablero B	0	Tablero B	14
TR4	Tablero C	0	Tablero C	15
Subestación	Medición de LYF	0	Medición de LYF	16

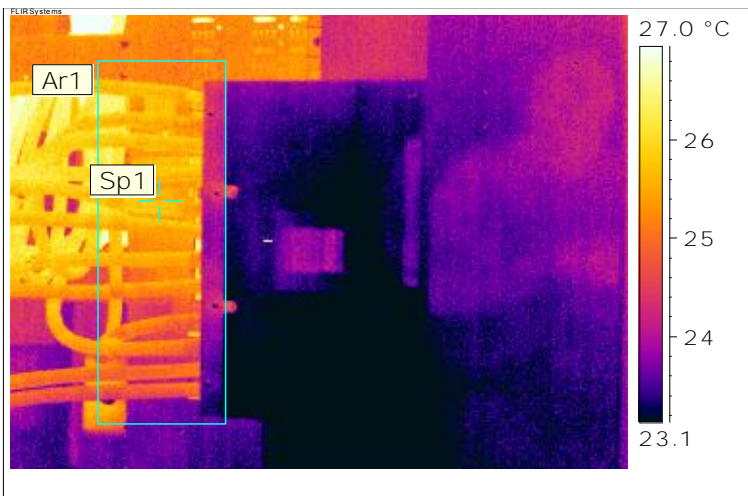
Foto e identificación



Comentario de texto IR	Valor
Ubicación	TR1
Equipo	Tablero A
Tipo	154
Carga nom.	
Carga real	
Fallo	0
Recomendación	OK



Termograma 30/11/2006



Etiqueta	Valor
Sp1	25.9 °C
Ar1: Máx.	27.1 °C

Aumento de temperatura (Ar1 - Sp1)	1.2 °C
---	---------------

Análisis y acción recomendada:

En buenas condiciones de operación.

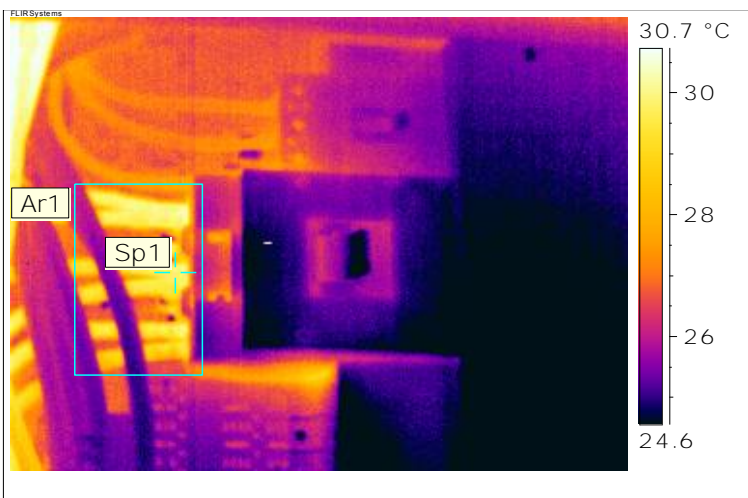
Foto e identificación



Comentario de texto IR	Valor
Ubicación	TR1
Equipo	Tablero B
Tipo	155
Carga nom.	
Carga real	
Fallo	0
Recomendación	OK



Termograma 30/11/2006



Etiqueta	Valor
Sp1	29.7 °C
Ar1: Máx.	30.4 °C

Aumento de temperatura (Ar1 - Sp1)	0.7 °C
---	---------------

Análisis y acción recomendada:

En buenas condiciones de operación.

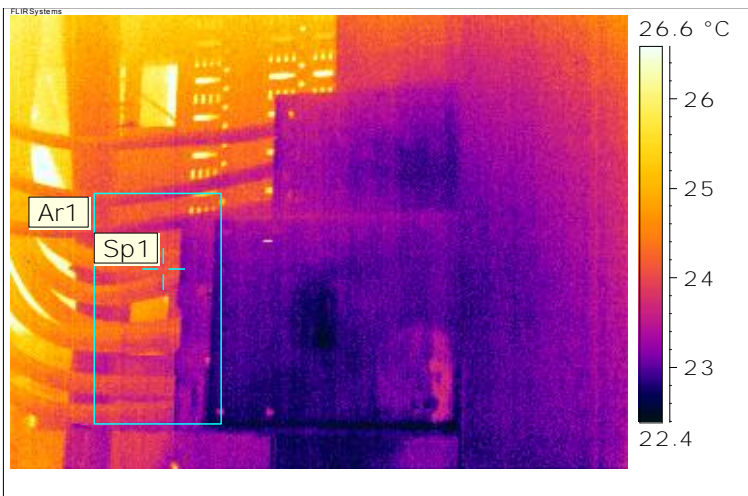
Foto e identificación



Comentario de texto IR	Valor
Ubicación	TR1
Equipo	Tablero C
Tipo	156
Carga nom.	
Carga real	
Fallo	0
Recomendación	OK



Termograma 30/11/2006



Etiqueta	Valor
Sp1	24.0 °C
Ar1: Máx.	25.9 °C

Aumento de temperatura (Ar1 - Sp1)	1.8 °C
---	---------------

Análisis y acción recomendada:

En buenas condiciones de operación.

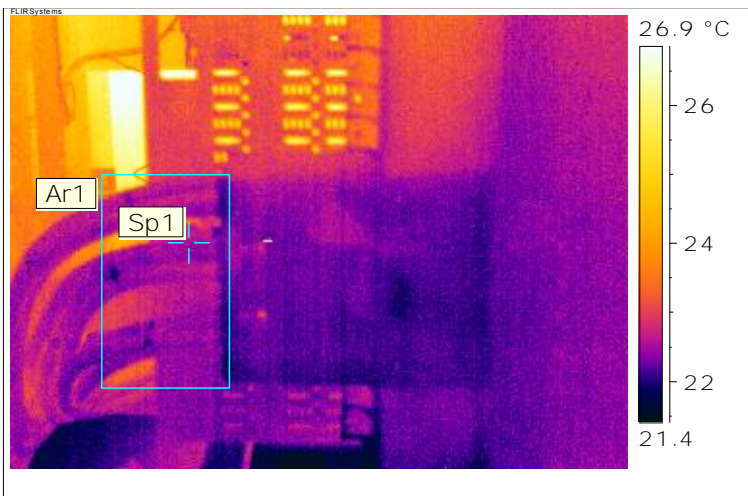
Foto e identificación



Comentario de texto IR	Valor
Ubicación	TR2
Equipo	Tablero A
Tipo	157
Carga nom.	
Carga real	
Fallo	0
Recomendación	OK



Termograma 30/11/2006



Etiqueta	Valor
Sp1	22.5 °C
Ar1: Máx.	26.2 °C

Aumento de temperatura (Ar1 - Sp1)	3.7 °C
---	---------------

Análisis y acción recomendada:

En buenas condiciones de operación.

Foto e identificación



Comentario de texto IR	Valor
Ubicación	TR2
Equipo	Tablero B
Tipo	158
Carga nom.	
Carga real	
Fallo	0
Recomendación	OK



Termograma 30/11/2006



Etiqueta	Valor
Sp1	41.7 °C
Ar1: Máx.	43.2 °C

Aumento de temperatura (Ar1 - Sp1)	1.5 °C
---	---------------

Análisis y acción recomendada:

En buenas condiciones de operación.

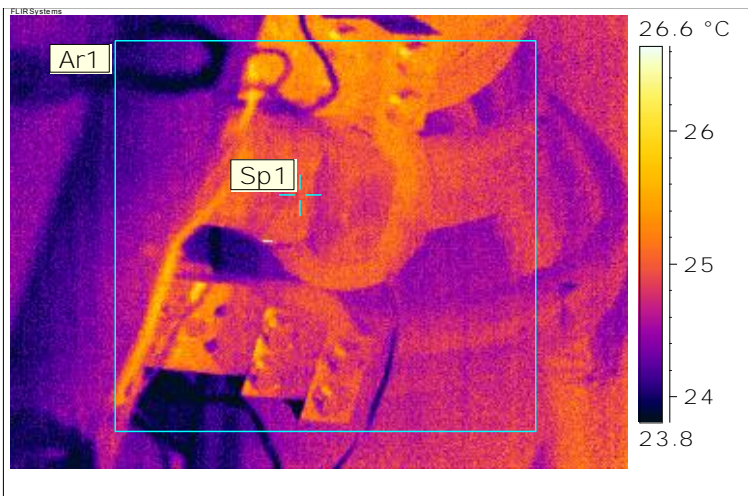
Foto e identificación



Comentario de texto IR	Valor
Ubicación	TR3
Equipo	Tablero A
Tipo	159
Carga nom.	
Carga real	
Fallo	0
Recomendación	OK



Termograma 30/11/2006



Etiqueta	Valor
Sp1	25.0 °C
Ar1: Máx.	34.4 °C

Aumento de temperatura (Ar1 - Sp1)	9.4 °C
---	---------------

Análisis y acción recomendada:

En buenas condiciones de operación.

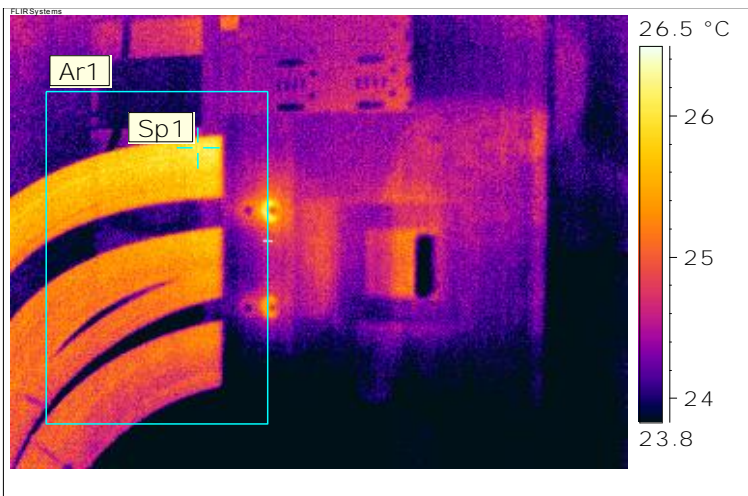
Foto e identificación



Comentario de texto IR	Valor
Ubicación	TR3
Equipo	Tablero B
Tipo	160
Carga nom.	
Carga real	
Fallo	0
Recomendación	OK



Termograma 30/11/2006



Etiqueta	Valor
Sp1	26.1 °C
Ar1: Máx.	33.7 °C

Aumento de temperatura (Ar1 - Sp1)	7.6 °C
---	---------------

Análisis y acción recomendada:

En buenas condiciones de operación.

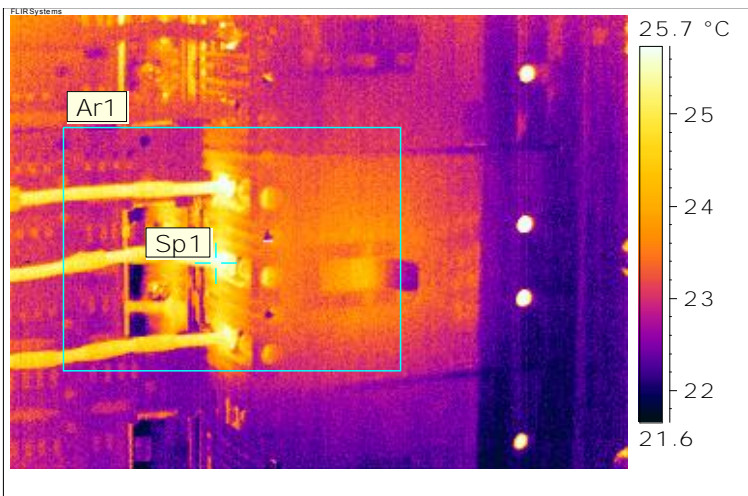
Foto e identificación



Comentario de texto IR	Valor
Ubicación	TR3
Equipo	Tablero C
Tipo	161
Carga nom.	
Carga real	
Fallo	0
Recomendación	OK



Termograma 30/11/2006



Etiqueta	Valor
Sp1	25.5 °C
Ar1: Máx.	32.5 °C

Aumento de temperatura (Ar1 - Sp1)	7.0 °C
---	---------------

Análisis y acción recomendada:

En buenas condiciones de operación.

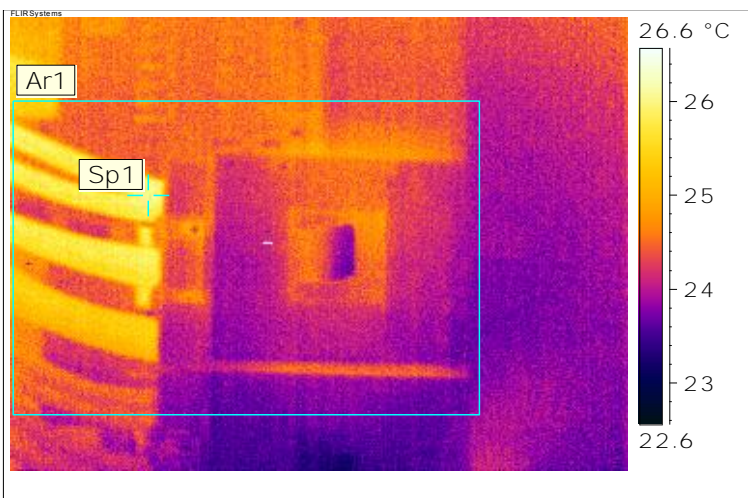
Foto e identificación



Comentario de texto IR	Valor
Ubicación	TR3
Equipo	Tablero D
Tipo	162
Carga nom.	
Carga real	
Fallo	0
Recomendación	OK



Termograma 30/11/2006



Etiqueta	Valor
Sp1	26.1 °C
Ar1: Máx.	34.1 °C

Aumento de temperatura (Ar1 - Sp1)	7.9 °C
---	---------------

Análisis y acción recomendada:

En buenas condiciones de operación.

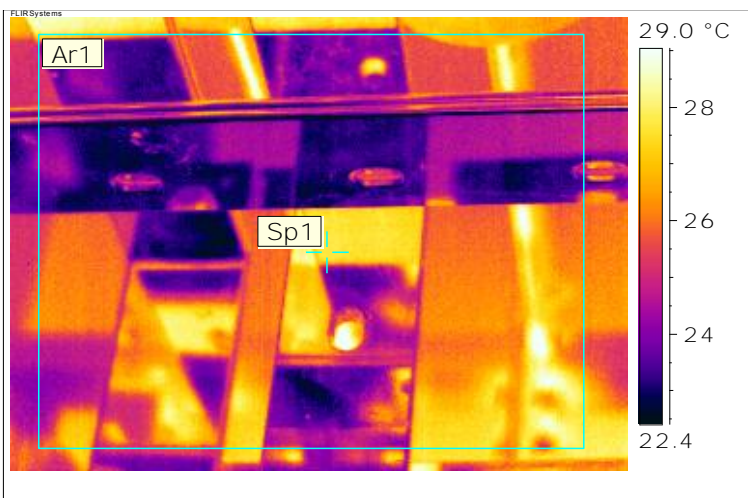
Foto e identificación



Comentario de texto IR	Valor
Ubicación	TR4
Equipo	Tablero A
Tipo	163
Carga nom.	
Carga real	
Fallo	0
Recomendación	OK



Termograma 30/11/2006



Etiqueta	Valor
Sp1	27.8 °C
Ar1: Máx.	33.0 °C

Aumento de temperatura (Ar1 - Sp1)	5.2 °C
---	---------------

Análisis y acción recomendada:

En buenas condiciones de operación.

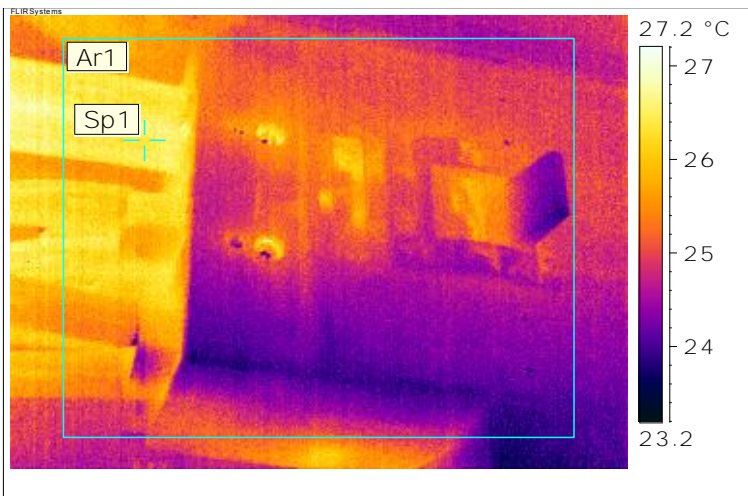
Foto e identificación



Comentario de texto IR	Valor
Ubicación	TR4
Equipo	Tablero B
Tipo	164
Carga nom.	
Carga real	
Fallo	0
Recomendación	OK



Termograma 30/11/2006



Etiqueta	Valor
Sp1	26.3 °C
Ar1: Máx.	32.0 °C

Aumento de temperatura (Ar1 - Sp1)	5.6 °C
---	---------------

Análisis y acción recomendada:

En buenas condiciones de operación.

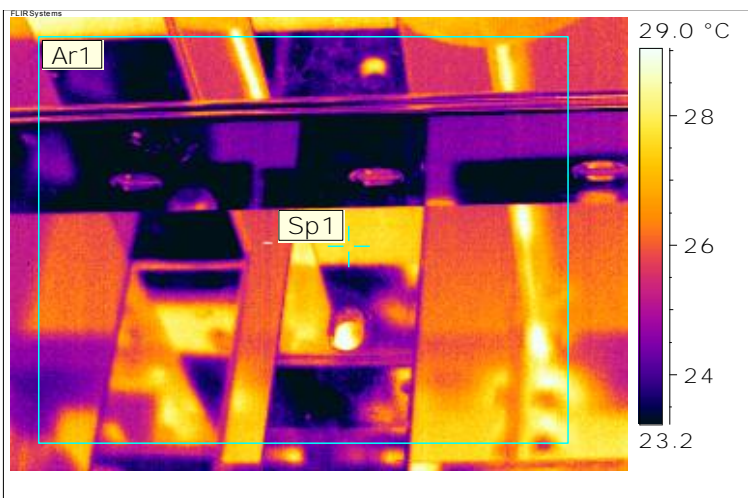
Foto e identificación



Comentario de texto IR	Valor
Ubicación	TR4
Equipo	Tablero C
Tipo	165
Carga nom.	
Carga real	
Fallo	0
Recomendación	OK



Termograma 30/11/2006



Etiqueta	Valor
Sp1	27.7 °C
Ar1: Máx.	33.0 °C

Aumento de temperatura (Ar1 - Sp1)	5.3 °C
---	---------------

Análisis y acción recomendada:

En buenas condiciones de operación.

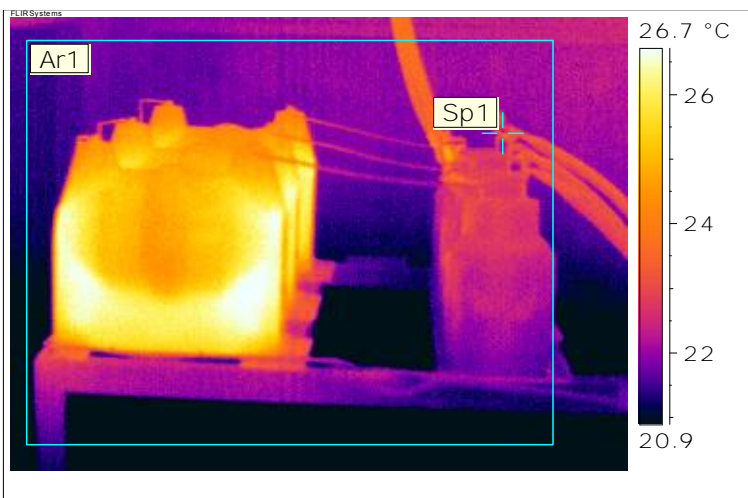
Foto e identificación



Comentario de texto IR	Valor
Ubicación	Subestación
Equipo	Medición de LYF
Tipo	166
Carga nom.	
Carga real	
Fallo	0
Recomendación	OK



Termograma 30/11/2006



Etiqueta	Valor
Sp1	23.2 °C
Ar1: Máx.	36.3 °C

Aumento de temperatura (Ar1 - Sp1)	13.1 °C
---	----------------

Análisis y acción recomendada:

En buenas condiciones de operación.

Esta subestación tiene equipos nuevos y con poca carga, se recomienda una inspección cuando se terminan las conexiones y se tome la mayor parte de la carga.



Conclusiones



CONCLUSIONES

El constante crecimiento en los servicios que brinda el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México requiere sin duda de un suministro continuo y de calidad en el sector eléctrico, por lo que es necesario que las proyecciones en las mejoras y remodelaciones satisfagan a largo plazo la demanda requerida.

Es indiscutible considerar tales hechos como las razones fundamentales que justifican todos los trabajos de remodelación que a lo largo de estos capítulos hemos tratado.

Todos los cambios realizados fueron apegados a la NOM 001 SEDE 2005, los componentes recién instalados son de tecnología actual (los interruptores poseen ahora tiempos de respuesta ajustables de acuerdo a las necesidades de demanda e incluyen accesorios de seguridad tanto para el usuario como para sistema, de éstos, el disparo por ausencia de voltaje es el más relevante), la introducción de los interruptores Master Pack facilita el monitoreo de los parámetros de carga conectada, puesto que al ser *microprocesados*, permite tener en tiempo real valores de corriente y voltaje de cada fase, así como lecturas de factor de potencia. Además de contar con una protección electromecánica. Gracias a estas características se pueden prever disturbios por sobrecarga y realizar un mantenimiento adecuado.

Otro aspecto relevante de la remodelación es la instalación de un *Supresor de transitorios por sobrevoltaje* en los tableros que alimentan el área comercial, esto sirve como protección a los componentes electrónicos en peligro de sobretensión.



Conclusiones



Al finalizar los trabajos de remodelación, la subestación cumple ahora con la normatividad vigente en diversos puntos que anteriormente no la cumplían, como ejemplo tenemos el uso de señalizaciones, la instalación de elementos de seguridad personal para las personas encargadas de operar la subestación, un mucho mejor orden y limpieza dentro de las instalaciones, iluminación adecuada, acceso restringido, entre otros. Además, cabe mencionar las correcciones realizadas al equipo eléctrico, como fueron el dimensionado de conductores, identificación tableros, interruptores, redistribución de carga, instalación adecuada de los dispositivos de conexión al sistema de tierra de la subestación y el peinado de cables.

Frente a las necesidades de incremento de carga, que son cada vez más severas se deben conocer de manera continua muy precisa el estado funcional de la instalación eléctrica. Esto permitirá operarla eficientemente a largo plazo identificando las mejoras posibles y anticipando las acciones futuras con el objetivo de eliminar en la medida de lo posible cortes de energía con consecuencias graves para las actividades que se llevan a cabo en el Área Internacional.

Es por eso que se recomienda, en una segunda etapa de remodelación, la introducción de un sistema automatizado, el cual proporcione información de disponibilidad y eficiencia, que permita, sin realizar cortes de energía innecesarios, un monitoreo del estado de las instalaciones en tiempo real. Por ejemplo, el envejecimiento de los mecanismos, riesgos de disparo intempestivos y calidad de la energía.



Conclusiones



Con el fin de ahorrar en costos de energía eléctrica, se recomienda para esta subestación el cambio de tarifa a través de llevar a cabo de forma adecuada un *Proceso de Autogeneración de Energía* en horas pico. Como vimos a lo largo de los capítulos, la subestación cuenta con un número adecuado de plantas generadoras Diesel, las cuales podrían ser usadas para este propósito comprendiendo un horario de las 13 a 15 horas y de las 19 a las 21horas.

En este aspecto debemos comentar que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) diseña tarifas horarias que dan señales económicas claras a los usuarios (principalmente industriales) para hacer un uso más racional de la energía eléctrica, y que brindan a corto plazo ahorros muy significativos.

Las tarifas horarias reflejan los costos que para CFE representa el proveer electricidad en horas pico (que es la hora en la cual CFE tiene que tener el mayor número de plantas en operación). Incluso, es posible pensar que este proceso pueda llevarse a cabo en forma automatizada y convendría considerar el uso del el sistema SCADA, con el cual se puede automatizar el paro y encendido de plantas de emergencia de acuerdo a un valor fijo de demanda en hora pico.

Por otro lado, en caso de que en un futuro se incremente la conexión de cargas críticas, es decir, cargas que requieren del uso continuo de energía, se recomienda la instalación de UPS (Uninterruptible Power Supply, por sus siglas en Inglés) ya que garantizan que la carga reciba alimentación de alta calidad, libre de perturbaciones y sin cortes de energía perceptibles a los equipos.

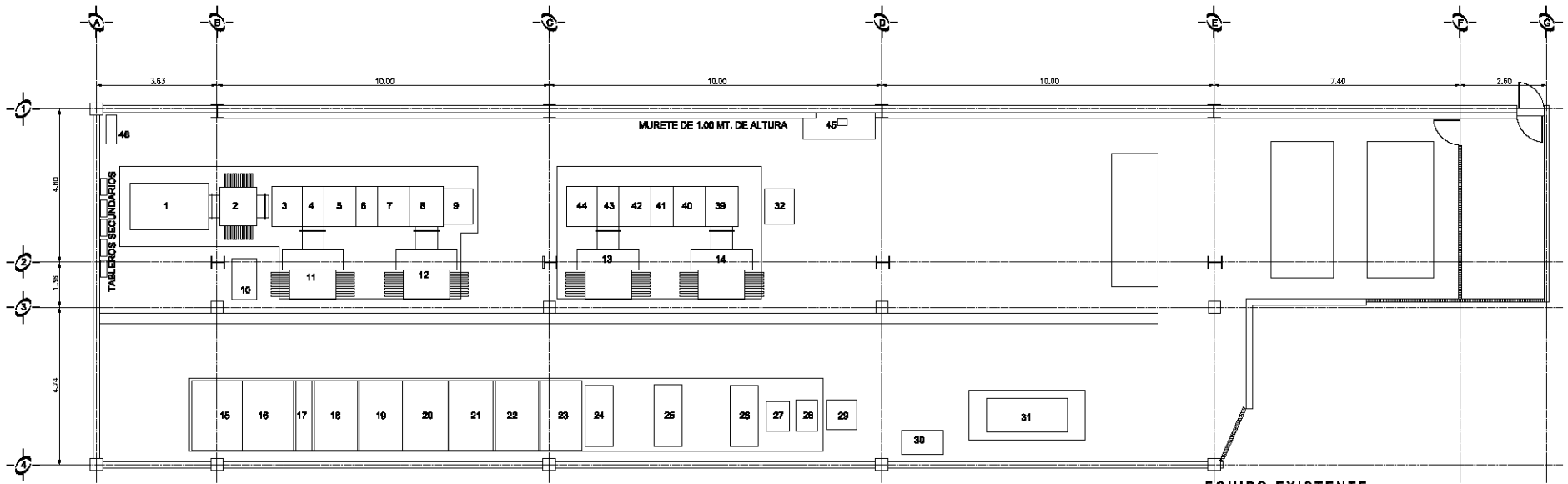


Conclusiones



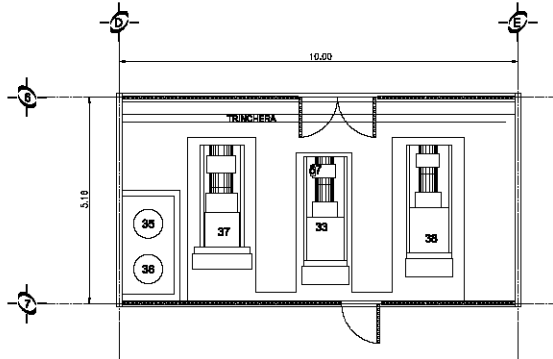
Consideramos que los resultados obtenidos y documentados en los capítulos de esta tesis, pueden ser de utilidad para ser consultados incluso por las personas y autoridades encargadas del mantenimiento de las instalaciones eléctricas en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, sirviendo al propósito de tener un documento que hable de forma detallada de los aspectos en cuanto a calidad de la energía, distribución real de carga, planos y diagrama unifilar actualizados así como recomendaciones a futuros cambios se refiere; esto facilitaría en gran medida los trabajos de mantenimiento que se llevan acabo actualmente.

Creemos firmemente, que estas experiencias son de vital importancia en la comprobación de los hechos teóricos que como futuros ingenieros recibimos en las aulas de estudio. La inmersión en los aspectos que comprende un ambiente real de trabajo son los impulsores para el continuo desarrollo profesional, que como pudimos darnos cuenta, no termina al concluir los estudios, de hecho, es precisamente en este punto cuando inicia un nuevo aprendizaje que complementa y da forma definitiva al criterio de un Ingeniero competente en cualquier área.



SUBESTACION INTERNACIONAL ACTUAL

ESCALA: 1:50



BASE PARA REUBICACION DE PLANTAS DE EMERGENCIA

ESCALA: 1:50

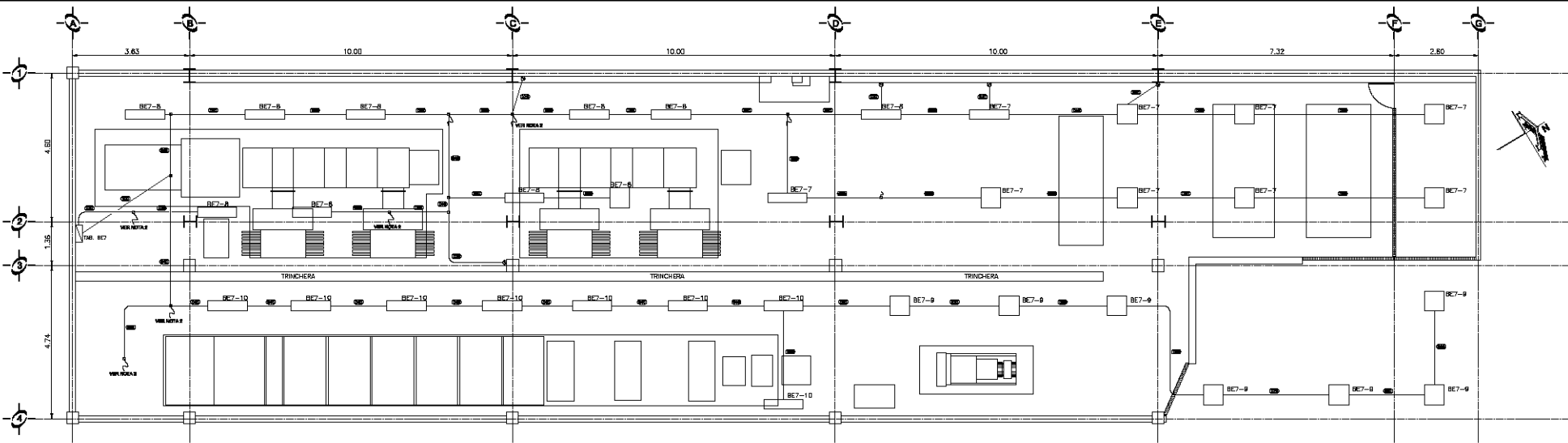
- 1- SUBESTACION COMPACTA CLASE 28KV DE 750 KVA
- 2- TRANSFORMADOR EN ACEITE DE 750 KVA 440/230V
- 3- TABLERO DE DISTRIBUCION CON INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 1200 AMP
- 4- INTERRUPTOR GENERAL DE 800 AMP (80-A) SF₆ 440V
- 5- TABLERO DE DISTRIBUCION (TDS-1) 800V SF₆ 440V
- 6- TABLERO DE TRANSFERENCIA (TT-1) (DESMANTELADO)
- 7- TABLERO DE DISTRIBUCION (TDS-2) 800V SF₆ 440V
- 8- INTERRUPTOR GENERAL DE 1000 AMP (10-A) SF₆ 440V
- 9- TABLERO DE TRANSFERENCIA (TT-2) 800V
- 10- TRANSFORMADOR EN ACEITE DE 1000 KVA SF₆ 440/230V
- 11- TRANSFORMADOR EN ACEITE DE 1000 KVA SF₆ 440/230V 2-0-230V
- 12- TRANSFORMADOR EN ACEITE DE 1000 KVA SF₆ 440/230V 1/2-0-230V
- 13- TRANSFORMADOR EN ACEITE DE 1000 KVA SF₆ 440/230V 1/2-0-230V
- 14- TRANSFORMADOR EN ACEITE DE 1000 KVA SF₆ 440/230V 1/2-0-230V
- 15- TABLERO DE AJUSTE Y MEDICION 28KV SF₆
- 16- CELDA DE ACCIONAMIENTO
- 17- CELDA CON INTERRUPTOR GENERAL ALTA DE 800 AMP
- 18- CELDA CON INTERRUPTOR CON FUSIBLES DE 20 AMP 20 KV
- 19- CELDA CON INTERRUPTOR CON FUSIBLES DE 40 AMP 20KV
- 20- CELDA CON INTERRUPTOR CON FUSIBLES DE 80 AMP 20KV
- 21- CELDA CON INTERRUPTOR CON FUSIBLES DE 80 AMP 20KV
- 22- CELDA CON INTERRUPTOR CON FUSIBLES DE 80 AMP 20KV
- 23- CELDA CON INTERRUPTOR CON FUSIBLES DE 16 AMP 20KV
- 24- TABLERO DE DISTRIBUCION CON TRANSFORMADOR 250 KVA DE 440-220/115V (TS-A)
- 25- TABLERO DE DISTRIBUCION CON TRANSFORMADOR 250 KVA DE 440-220/115V (TS-B)
- 26- TABLERO DE TRANSFERENCIA MCA. IMA DE 440-220/115V
- 27- TABLERO DE TRANSFERENCIA MCA. IMA DE 440-220/115V
- 28- TABLERO DE DISTRIBUCION CON TRANSFORMADOR SUBESTA. DE 440-220/115V
- 29- TABLERO DE TRANSFERENCIA MCA. OTOMATICO MOD. DALE 800/200/115V
- 30- TANQUE DE COMBUSTIBLE DE 400 LITROS
- 31- PLANTA DE EMERGENCIA DE 375 KVA, 20000V, SF₆ 440, 230/115V, 60HZ
- 32- TABLERO DE CONTROL PARA TRANSFERENCIA MCA. 6P BOLD DE LIMA ELECTRONICA PARA PLANTA DE 550 KVA
- 33- PLANTA DE EMERGENCIA MCA. POTENCIA INDUSTRIAL DE 550 KVA, 6000V, SF₆ 440-230/115V
- 34- TANQUE DE COMBUSTIBLE DE 400 LITROS
- 35- TANQUE DE COMBUSTIBLE DE 400 LITROS
- 36- PLANTA DE EMERGENCIA MCA. IMA DE 850 KVA, 20000V, SF₆ 440, 440/230V
- 37- PLANTA DE EMERGENCIA MCA. OTOMATICO DE 420 KVA, 20 KV SF₆ 440, 440/230V
- 38- INTERRUPTOR GENERAL DE 800 AMP (80-A) SF₆ 440V
- 39- TABLERO DE DISTRIBUCION (TDS-3) SF₆ 440V
- 40- TABLERO DE TRANSFERENCIA (TT-3) 800/200/115V
- 41- TABLERO DE TRANSFERENCIA (TT-3) 800/200/115V
- 42- TABLERO DE DISTRIBUCION (TDS-2) 800/200/115V
- 43- INTERRUPTOR GENERAL DE 1000 AMP (10-A) SF₆ 440V
- 44- TABLERO DE DISTRIBUCION (TDS-1) 800V SF₆ 440V
- 45- AVANZADOR AUTOMATICO A TENSION REDUCIDA 20 KVA, 440V.
- 46- CENTRO DE CONTROL DE MOTORES CDMA, 400V, 440V.

<p>SEÑAL CONSTRUCCION VERDE S.A. DE C.V.</p>	<p>ESCALA 1:50</p>
<p>REPASADO EXTERNO ING. VALDEMAR GARCIA GONZALEZ</p>	<p>FORMA AUTOMATICO METRICO</p>
<p>REVISADO EXTERNO CLAYTON JONES ARCHITECT</p>	<p>ARQ-01-A</p>
<p>APROBADO INGENIERO EN ELECTRICIDAD S.A. DE C.V.</p>	<p>REP. 003</p>

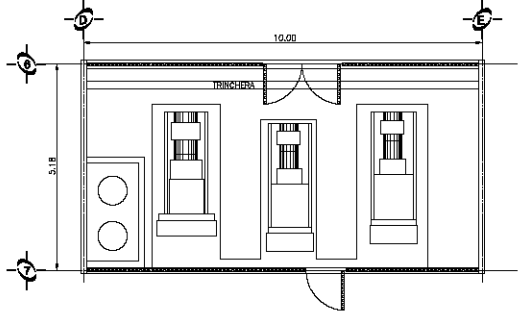
DISTRIBUCIÓN INICIAL

ADECUACIÓN DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO DE LA SUBESTACION INTERNACIONAL DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO

PLANO ARQUITECTÓNICO



SUBESTACION INTERNACIONAL ALUMBRADO Y CONTACTOS ACTUAL



REUBICACION DE PLANTAS DE EMERGENCIA

SIMBOLOGIA

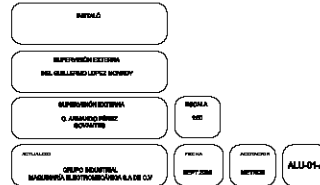
- TUBERIA CONDUCTOR DE ALTA PRESION.
- TUBERIA CONDUCTOR METALICA PERFORADA 60mm.
- LAMPARAS DE EMERGENCIA TIPO INDEPENDIENTE DE 1.80x0.60x0.15m, CON LAMPARAS FLUORESCENTES DE 8W Y 10W Y 15W Y 20W Y 30W Y 40W Y 50W Y 60W Y 70W Y 80W Y 90W Y 100W Y 110W Y 120W Y 130W Y 140W Y 150W Y 160W Y 170W Y 180W Y 190W Y 200W Y 220W Y 240W Y 260W Y 280W Y 300W Y 320W Y 340W Y 360W Y 380W Y 400W Y 420W Y 440W Y 460W Y 480W Y 500W Y 520W Y 540W Y 560W Y 580W Y 600W Y 620W Y 640W Y 660W Y 680W Y 700W Y 720W Y 740W Y 760W Y 780W Y 800W Y 820W Y 840W Y 860W Y 880W Y 900W Y 920W Y 940W Y 960W Y 980W Y 1000W.
- LAMPARAS DE EMERGENCIA TIPO INDEPENDIENTE DE 1.80x0.60x0.15m, CON LAMPARAS FLUORESCENTES DE 8W Y 10W Y 15W Y 20W Y 30W Y 40W Y 50W Y 60W Y 70W Y 80W Y 90W Y 100W Y 110W Y 120W Y 130W Y 140W Y 150W Y 160W Y 170W Y 180W Y 190W Y 200W Y 220W Y 240W Y 260W Y 280W Y 300W Y 320W Y 340W Y 360W Y 380W Y 400W Y 420W Y 440W Y 460W Y 480W Y 500W Y 520W Y 540W Y 560W Y 580W Y 600W Y 620W Y 640W Y 660W Y 680W Y 700W Y 720W Y 740W Y 760W Y 780W Y 800W Y 820W Y 840W Y 860W Y 880W Y 900W Y 920W Y 940W Y 960W Y 980W Y 1000W.
- CONTACTO BOMBARDIER TIPO TUBERIAL AMERICANO, 80KV, 600A.
- CONECTOR TIPO ENCLAVADO.

CEDULA DE CONDUCTORES

- 3x4, 1-0M, 1-0mm²
- 4-15, 1-0M, 1-0mm²
- 6-15, 1-0M, 1-0mm²
- 10-15, 4-0M, 1-0mm²

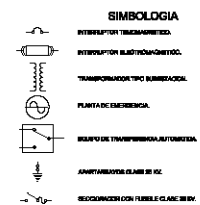
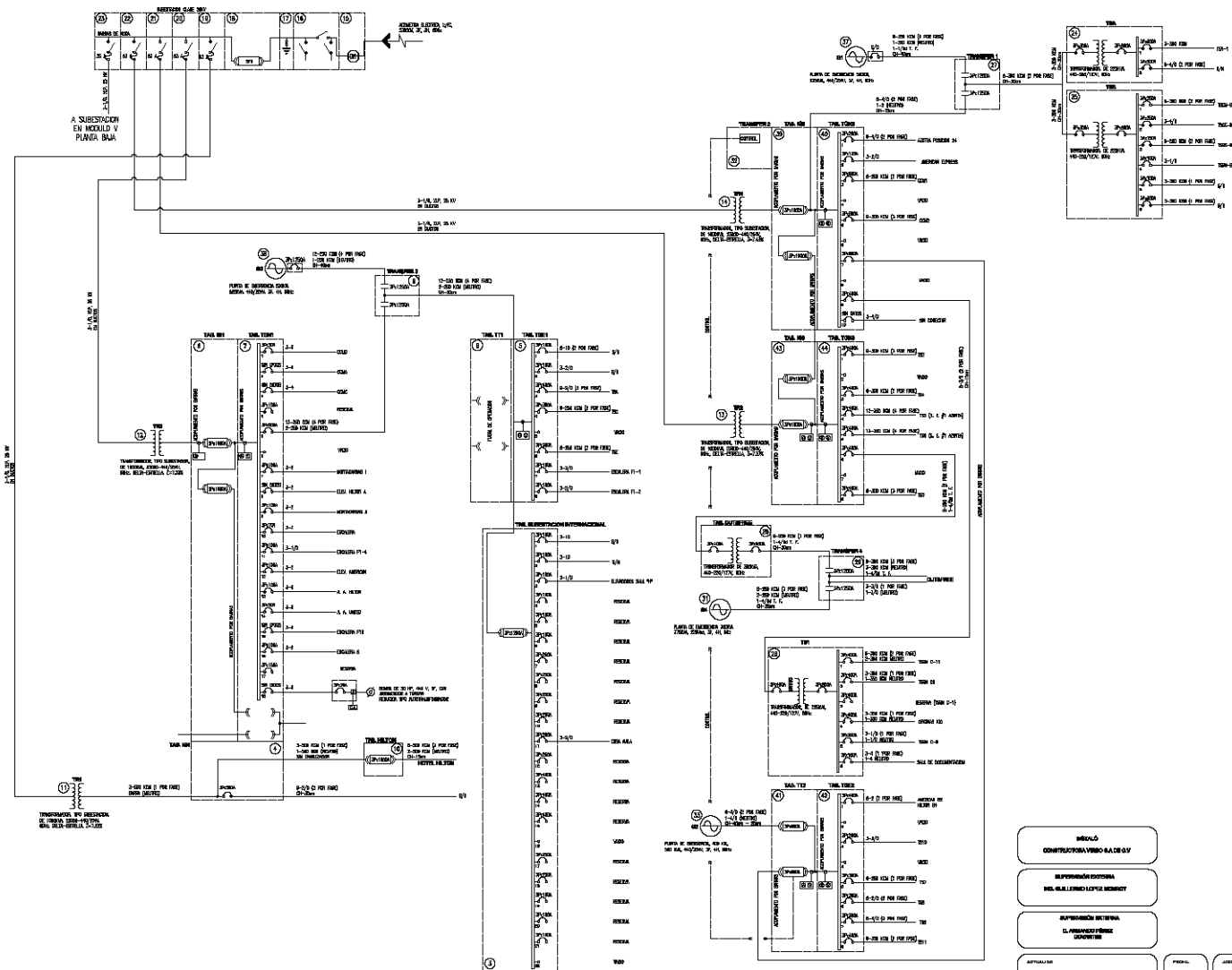
NOTAS

1. SE DEBE TENER EN CUENTA EL ALUMBRADO DEL MÓDULO QUE SE REUBICA ADICIONAL ALUMBRADO PARA USUARIOS.
2. SE APLICARAN MEDIDAS DE LA EXISTENCIA DE LA PLANTA DE LA TUBERIA DE TRINCHERA DEBE SER EN LA TUBERIA ELECTRICAL.



DISTRIBUCIÓN INICIAL

ADECUACIÓN DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO DE LA SUBESTACIÓN INTERNACIONAL DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO ALUMBRADO Y CONTACTOS



NOTAS:

1. LOS NÚMEROS ASIGNADOS EN EL DIAGRAMA SEÑALAN A TODA SU EXTENSIÓN Y CONFINES LAS RESPONSABILIDADES Y DELIMITACIONES COMO SE MUESTRA EN SU CONJUNTO, ASÍ COMO LOS EQUIPOS MANEJADOS POR OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y SUBSTITUCIÓN DE PARTES.
2. LAS MANOBRAS DE CERRADO Y CONEXIÓN DEBERÁN SER REALIZADAS POR PERSONAL ESPECIALIZADO, Y SE REALIZARÁN EN EL MOMENTO CORRECTO.
SE CONSIDERARÁ PASADO EL TIEMPO DE LA MANEJO DE LOS DISPOSITIVOS DE CERRADO Y CONEXIÓN.
SE CONSIDERARÁ PASADO EL TIEMPO DE LA MANEJO DE LOS DISPOSITIVOS DE CERRADO Y CONEXIÓN.
SE CONSIDERARÁ PASADO EL TIEMPO DE LA MANEJO DE LOS DISPOSITIVOS DE CERRADO Y CONEXIÓN.
SE CONSIDERARÁ PASADO EL TIEMPO DE LA MANEJO DE LOS DISPOSITIVOS DE CERRADO Y CONEXIÓN.

PROYECTO
CONSTRUCCIÓN VIBCO 4A DE 0V

REVISIÓN
REVISIÓN EXTERNA
DEL MALLADO LOPES BERNETT

APROBACIÓN
REVISIÓN INTERNA
CLASIFICACIÓN DE
CONSTRUCCIÓN

PROYECTISTA
SERGIO BELTRÁN
INGENIERO ELECTRICISTA MEXICANA DE 0V

PROYECTO
08/17/2007

REVISIÓN
MEXICO

IE-01-A

DISTRIBUCIÓN INICIAL

ADECUACIÓN DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO DE LA SUBESTACIÓN INTERNACIONAL DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO
DIAGRAMA UNIFILAR

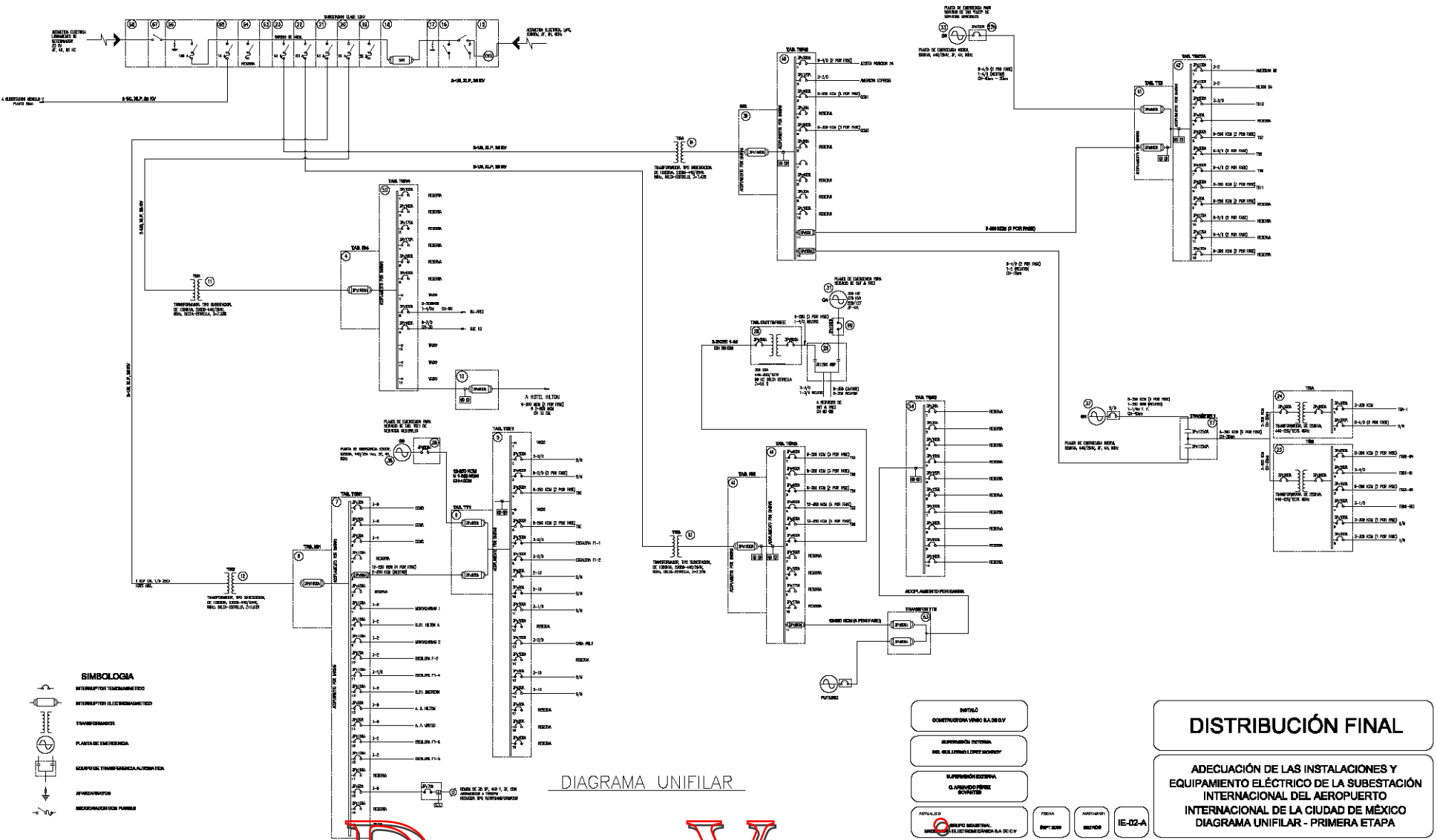


DIAGRAMA UNIFILAR

- SIMBOLOGIA**
- TRANSFORMADOR TRANSMAGNETICO
 - TRANSFORMADOR ELECTROMAGNETICO
 - TRANSFORMADOR
 - PLANTA DE EMERGENCIA
 - EQUIPO DE TRANSFORMACION/REACTIVA
 - CAPACITADOR
 - RECONEXION POR BARRAS

- INTEC
- CONSTRUCCION VIBRO SA DE CV
- REPARACION ELECTRONICA
- ING. M. B. LIZARRAGA LOPEZ MONTES
- REPARACION ELECTRONICA
- Q. J. PARRON/RODRIGUEZ
- BOYER
- APPLIED
- INDUSTRIAL ELECTROTECNICA SA DE CV

FECHA: 08/11/80
 AUTORIZADO: [Signature]
 INGENIERO: [Signature]

IE-02-A

DISTRIBUCION FINAL

ADECUACION DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPAMIENTO ELCTRICO DE LA SUBESTACION INTERNACIONAL DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO
 DIAGRAMA UNIFILAR - PRIMERA ETAPA



BIBLIOGRAFÍA

- Norma Oficial Mexicana 001 SEDE 2005.
- Joseph F. McPartland, National Electrical Code Handbook, duodécima tercera edición, McGraw-Hill 1999.
- Gilberto Enríquez Harper, Guía para el diseño de Instalaciones Eléctricas Residenciales, Industriales y Comerciales, 2ª edición, Editorial Limusa Noriega Editores.
- Ing. Becerril L. Diego Onésimo, Instalaciones Eléctricas Prácticas, 12ª edición.
- Ing. Amador Barrón Victor Pérez, Generadores, Motores y Transformadores Eléctricos, 2ª edición Ciudad Universitaria, México D.F 2000.
- Donald G. Fink, H. Wayne Beaty, Manual de Ingeniería Eléctrica, Tomo I, II Editorial McGraw-Hill.
- J. R. Martín, Diseño De Subestaciones Eléctricas, 2ª edición Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, 2000.
- J. Burke James, Power Distribution Engineering, Editorial Marcel-Decker, 1994.
- Luca M. Carlos, Líneas e Instalaciones Eléctricas, Editorial Alfa-Omega, México 1991.
- <http://www.conae.gob.mx>