

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA



**ELABORACION DE PROPUESTA Y REQUERIMIENTOS PARA
INSTALAR UN SISTEMA DE ALIMENTACION ININTERRUMPIDA
PARA UN CENTRO DE DATOS (CALL CENTER)**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO - ELECTRÓNICO**

**PRESENTA:
MAX TAPIA BAUTISTA**

**ASESOR:
M. I. LUIS ARTURO HARO RUIZ**

Ciudad Universitaria, México, D.F., 2015

Índice

Introducción	3
Marco teórico	4
La electricidad	4
Magnetismo	6
Generadores eléctricos	7
Sistemas de alimentación ininterrumpida	10
Antecedentes	13
Capítulo 1. Descripción de la empresa Grupo VKW Ingeniería	16
1.1 Historia	16
1.2 Misión de la empresa	16
1.3 Organigrama.....	17
1.4 Descripción del puesto	18
Capítulo 2. Proyecto Eléctrico	20
2.1 Levantamiento	20
2.2 Memoria descriptiva	24
2.3 Memoria de cálculo.....	27
2.3.1 Acometida	27
2.3.2 Dimensionamiento de protecciones	27
2.3.3 Dimensionamiento de conductores	30
2.3.4 Canalizaciones	38
2.3.5 Planta generadora de energía eléctrica	39
2.3.6 Sistema de alimentación ininterrumpida	41
2.5 Resultados	47
Conclusiones	48
Glosario	49
Bibliografía	50
Anexos	52

Introducción

El contacto del recién egresado con las empresas es importante en el desarrollo profesional. Brinda la oportunidad de poner en práctica y fortalecer conceptos teóricos, enriquece el conocimiento adquirido en la carrera y fomenta el aprendizaje.

Este escrito trata sobre mi participación en la empresa Grupo VKW Ingeniería en uno de los proyectos donde he participado. Inicialmente explico los antecedentes que se requieren para entender este trabajo, el objetivo y el marco teórico del mismo. En el capítulo 1 refiero brevemente la historia de la empresa Grupo VKW Ingeniería, su estructura y la descripción de mi puesto de trabajo. El capítulo 2 trata sobre el proyecto “Elaboración de propuesta y requerimientos para instalar un sistema de alimentación ininterrumpida para un centro de datos (call center)”, contiene el levantamiento eléctrico, la memoria descriptiva, la memoria de cálculo, diagrama unifilar y resultados. Enseguida se encuentran las conclusiones, se incluye un glosario de términos y abreviaturas usados con frecuencia y pueden ser difíciles de entender cuando no se está familiarizado con el tema. La bibliografía es la última parte del contenido. Se incluyen al final documentos anexos listados en el texto.

Objetivo

Proponer, analizar y hacer lo requerimientos para la instalación de un UPS que permita garantizar la continuidad del suministro eléctrico en un centro de datos. Se debe verificar que todos los servicios del piso estén respaldados por planta generadora de energía eléctrica. La instalación eléctrica debe cumplir la normatividad oficial vigente.

Marco teórico

La electricidad

Es una palabra del griego ἤλεκτρον (élektron), cuyo significado es “ámbar”, es una propiedad fundamental de la materia que se manifiesta por la atracción o repulsión entre sus partes, originada por la existencia de electrones, con carga negativa, o protones, con carga positiva¹

En culturas antiguas del mediterráneo se sabía que ciertos objetos, como una barra de ámbar, al frotarla con una lana o piel podía atraer objetos livianos como plumas. Hacia el año 600 a. C. Tales de Mileto hizo una serie de observaciones sobre lo que ahora definimos como electricidad estática.

La electricidad estática es la parte de la electricidad que estudia las cargas eléctricas en reposo, o sea, que una vez producidas se acumulan en un cuerpo estacionariamente. El principio básico es que las cargas eléctricas del mismo signo se repelen y cargas eléctricas con diferente signo se atraen. Los cuerpos se pueden cargar por frotamiento, contacto o inducción. Influyen factores ambientales como la humedad. A mayor humedad, menor acumulación de carga estática.

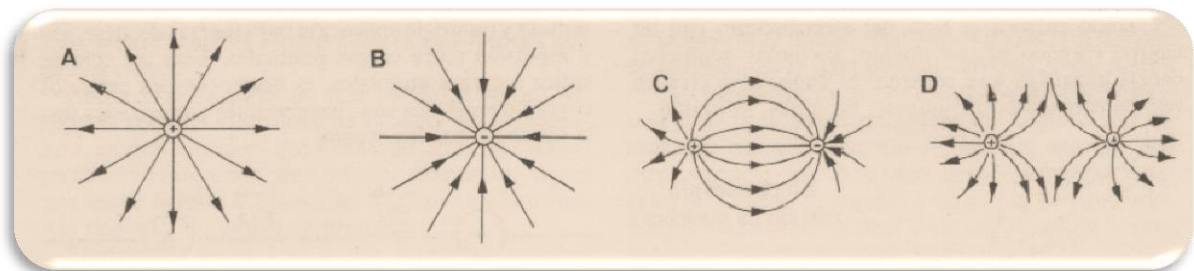


Imagen 1. Representación de las líneas de campo eléctrico

El espacio que rodea una carga eléctrica es asiento de un campo de fuerzas porque dicha carga ejerce una fuerza sobre cualquier otra carga que se coloca en

¹. *Electricidad*. (2015). En *Real Academia de la Lengua Española*. Recuperado de <http://lema.rae.es/drae/srv/search?id=DDJ24QR06DXX26kRcGxs>

dicho espacio. Este campo de fuerzas se denomina campo eléctrico. En la imagen 1.A podemos apreciar las líneas de fuerza de un campo eléctrico conformado por una carga con valor positivo. En la imagen 1.B se representan las líneas de fuerza que forma una carga con valor negativo. En 1.C se dibujan las líneas de fuerza de dos cargas con distinto valor. En 1.D las líneas de fuerza representan el campo resultado de la interacción de dos cargas con el mismo valor.

Suponiendo que se tiene una carga positiva Q y se coloca una carga positiva q en sus proximidades, esta será rechazada con una fuerza que va disminuyendo a medida que la carga q se va alejando, esta fuerza tiene la tendencia a llevar la carga q hasta el infinito. Si se quisiera situar la carga q donde estaba, se tendrá que ejercer una fuerza igual, pero opuesta a la del campo, por lo tanto se realizará un trabajo sobre el campo.

El potencial eléctrico se define como “el trabajo realizado sobre una unidad de carga para desplazarla desde el infinito hasta cierto punto”, su unidad se llama volt y se representa con la letra V .

Según la definición de potencial, para transportar la unidad de carga desde el infinito hasta el punto A se requiere un trabajo V_A , y para hacerlo desde el infinito hasta el punto B se requiere un trabajo V_B ; por lo tanto, si se quisiera transportar la citada unidad de carga desde B hasta A, habría que realizar un trabajo $V_A - V_B$, denominado “diferencia de potencial”. La diferencia de potencial entre dos puntos A y B de un campo eléctrico es el trabajo que hay que realizar sobre una unidad de carga positiva para transportarla desde B hasta A. La diferencia de potencial también recibe el nombre de *tensión*.

La parte de la electricidad que estudia las cargas eléctricas en movimiento a lo largo de un conductor se denomina electrodinámica. La corriente eléctrica se define como el desplazamiento de cargas eléctricas a lo largo de un conductor, si se unen dos cuerpos cargados, los electrones pasan de un cuerpo a otro hasta que ambos estén al mismo potencial eléctrico. Para que la corriente sea

permanente entre los dos puntos unidos por un conductor, debe existir una diferencia de potencial permanente, es decir, un campo eléctrico.

Para ello se necesita un generador eléctrico, que es una máquina que transforma energía mecánica, luminosa, química o térmica, en energía eléctrica, y a la vez, un dispositivo que mantiene una diferencia de potencial entre sus polos. El polo negativo es el de menor potencial y el polo positivo es el de mayor potencial.

La intensidad de corriente es la carga eléctrica transportada en cada unidad de tiempo. Es el mismo número de cargas negativas que atraviesan un conductor, de tal modo que el mismo número de cargas que entran por uno de sus extremos sale por el otro. Su unidad es el ampere y se representa por la letra *A*.

Magnetismo

Desde la antigüedad se sabe que ciertos minerales de hierro (magnetita) poseen la propiedad, denominada magnetismo, de atraer las limaduras de hierro. Se dice que tales minerales están imantados. En la mayor parte de las sustancias estos fenómenos no se manifiestan, ya que por estar los átomos orientados aleatoriamente, las acciones de sus átomos se anulan entre sí. Sin embargo, en los materiales magnéticos, los átomos poseen una orientación tal que las acciones magnéticas de sus electrones se suman unas a otras, presentándose entonces la posibilidad de manifestarse.

En principio se creyó que los fenómenos magnéticos no tenían ninguna relación con los fenómenos eléctricos. A comienzos del siglo XIX, el físico danés Hans Christian Oersted (1777-1851) observó que un conductor por el que circula una corriente ejerce una fuerza sobre un imán colocado en sus proximidades. Más tarde, se comprobó que un conductor que transporta una corriente no sólo ejerce fuerza sobre un imán, sino que también la ejerce sobre otro conductor situado en las proximidades.

En la actualidad se sabe que cualquier fenómeno de atracción o repulsión magnética no es otra cosa que una fuerza de acción a distancia ejercida por una

carga en movimiento sobre otra carga que también se encuentra en movimiento. Por ello, una corriente eléctrica, al ser una carga en movimiento, ejerce una acción magnética sobre cualquier otra carga en movimiento. La razón de esto es que una carga eléctrica crea a su alrededor un campo eléctrico, si la carga se mueve produce además un campo magnético. Si existe una carga dentro de la acción de un campo magnético variable, esta carga se mueve

Generadores eléctricos

Son máquinas que transforman energía mecánica, luminosa, química en energía eléctrica, y a la vez, son dispositivo que mantienen una diferencia de potencial entre sus polos. El polo negativo es el de menor potencial y el polo positivo es el de mayor potencial.

Los generadores mecánicos son el tipo más empleado para producir energía eléctrica. En función del tipo de onda son generadores de corriente directa o corriente alterna.

El principio que permite la operación de los generadores es la inducción electromagnética, descubierto por Michael Faraday en 1831. Al variar el campo magnético en una o varias espiras, lo que ocurre es que se induce un flujo de corriente, el fenómeno es el mismo si se usa un imán o un electroimán. Si el flujo magnético se conduce en un medio que favorezca su conducción, se puede realizar una inducción electromagnética más eficiente.

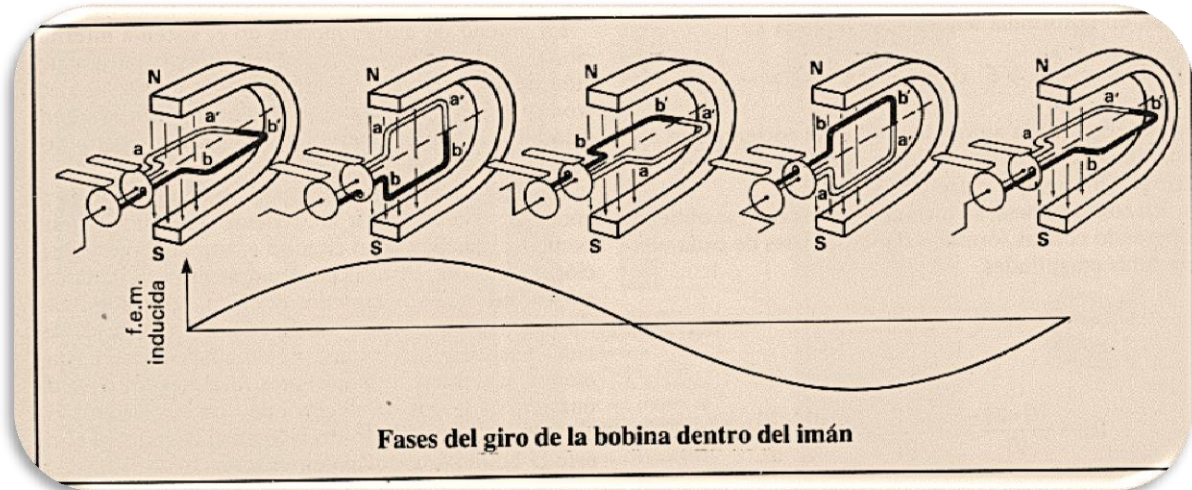


Imagen 2. Fuerza electromotriz inducida en las terminales de una bobina

En la imagen 2 podemos apreciar que el giro de una bobina dentro de un campo magnético hace que el flujo dentro de esta vaya variando, de modo tal que se induce una fuerza electromotriz en las terminales del conductor con forma de onda senoidal. Esto ocasiona que en medio ciclo, una de las terminales tenga polaridad positiva y en el otro medio ciclo polaridad negativa. A este tipo de máquina se le conoce como generador de corriente alterna y es el tipo de generación más empleado por una gran cantidad de ventajas entre las que destacan el uso y aplicación de transformadores, es más sencillo aumentar la tensión, el aumento de tensión se traduce en una reducción de corriente, lo que a su vez reduce pérdidas por efecto joule. Algunas de las desventajas son que se generan interferencias electromagnéticas y otro tipo de pérdidas como corrientes de magnetización, inducción, parásitas o Eddy, y efecto piel.

Los generadores de corriente directa tienen cierta configuración en las terminales de tal modo que se logra invertir el giro de la onda senoidal y mantiene siempre una sola polaridad en las terminales.

Las plantas generadoras de energía eléctrica son máquinas diseñadas para transformar combustible en electricidad. Esto se logra a través del movimiento mecánico de un motor propulsado por la quema de combustibles, por ejemplo:

gasolina, diesel o gas. Generalmente se utilizan como medio alternativo de suministro eléctrico en casos de emergencia.

La pila seca es el primer generador eléctrico conocido, transforma energía química en energía eléctrica directa, cuando los compuestos iniciales se han agotado se dice que la pila está descargada y debe ser dispuesta para su reciclaje. La batería es un arreglo de varias celdas o pilas de modo tal que la capacidad aumenta. Las baterías de plomo ácido son el tipo de batería de mayor uso, a su vez existen dos tipos: de válvula ventilada (Vented Lead acid o VLA) o de celdas húmedas y baterías selladas o de válvula regulada (Valve Regulated Lead Acid o VRLA). La ventaja principal de las baterías plomo ácido es que pueden recargarse.

El proceso químico de las baterías VLA es el siguiente: Cuando una batería de celdas húmedas o ventiladas está siendo utilizada el ácido sulfúrico del electrolito reacciona químicamente con el plomo en las placas produciendo electricidad y sulfato de plomo. Por otro lado cuando una batería está siendo cargada, se produce la reacción química inversa, en donde el sulfato se libera de la placa y vuelve al agua formando el ácido sulfúrico, mientras que en la placa nuevamente obtendremos el plomo. Con cada ciclo de carga y descarga se van formando sedimentos que es necesario retirar y se va perdiendo material debido a la expulsión de gases.

Eléctricamente el proceso de carga se realiza manteniendo una tensión mayor a la nominal y un flujo de corriente hacia la batería que debe limitarse tras cierto tiempo. Después de una descarga, una vez cargada la batería mantiene una operación “en flotación”, que significa que no hay flujo de corriente.

Las baterías VLA permiten a los gases escapar libremente del contenedor de las celdas, mientras la tecnología VRLA limita el escape de gases, excepto en condiciones anormales, tiene tal composición física y química que consigue ciclos de carga y descarga casi sin residuos ni gases, por lo que se han considerado libres de mantenimiento y tienen una vida útil bastante larga.

Sistemas de alimentación ininterrumpida

Mediante la combinación de baterías y la electrónica de potencia se han desarrollado equipos capaces de generar energía eléctrica alterna con el uso de baterías. Uno de las aplicaciones más notorias es en equipos de respaldo denominados sistemas de alimentación ininterrumpida o UPS, por sus siglas en inglés.

Un sistema de alimentación ininterrumpida es un equipo cuya función es evitar la interrupción de energía eléctrica a la carga conectada, esto lo hace generalmente mediante el uso de baterías. En la actualidad este tipo de sistemas proporciona energía de calidad en forma y magnitud, filtrando armónicos desde y hacia la red. Existen varios diseños de UPS, que responden a recursos tecnológicos, necesidades de mercado y época. Los principales son UPS fuera de línea (off-line o stand-by) y en línea (on-line).

El UPS fuera de línea (Off-Line) es económico ya que integra muy pocos componentes, el nivel de protección contra armónicos es muy limitado porque la red eléctrica interactúa directo a la carga y además cargando la batería; si el suministro de la red falla, el inversor enciende por medio de la batería y el interruptor de transferencia se acciona para suministrar energía por medio del UPS. Todo esto se realiza en unos cuantos ciclos, generalmente imperceptible para los equipos domésticos, aunque equipos sensibles a la ausencia de ciclos pueden presentar fallas. Por esta razón, esta tecnología en general se considera adecuada para protección de equipos domésticos, ya que la inversión es muy baja, no consume mucha energía pues la mayor parte del tiempo la electrónica de potencia permanece apagada y provee tiempo de respaldo para un usuario común. El diagrama básico de operación se muestra en la imagen 3.

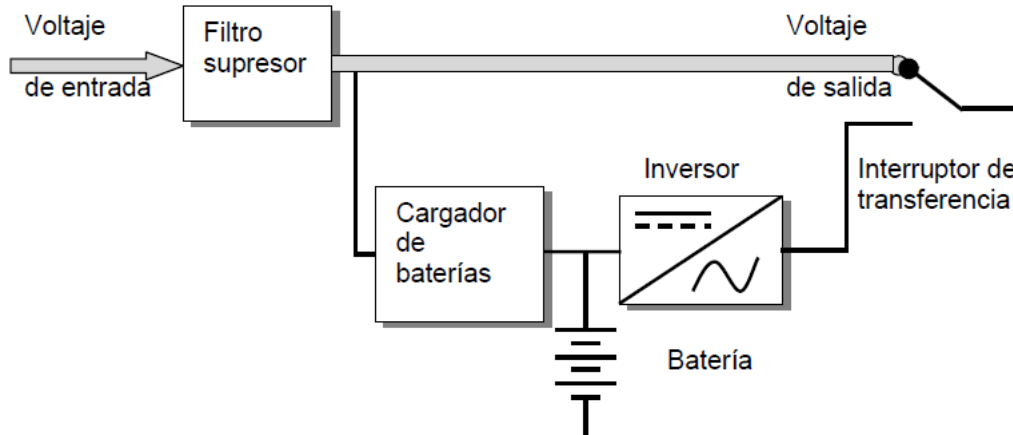


Imagen 3. Diagrama de operación UPS tipo fuera de línea (Off-line).

El UPS en línea (On-Line) siempre se encuentra operando, tiene tres etapas: rectificador, cargador e inversor. El rectificador se encarga de hacer una conversión de corriente alterna a corriente directa, en este paso se eliminan armónicos o cualquier defecto de la señal. La corriente directa sigue un camino hacia el cargador de baterías y otro hacia el inversor. El inversor realiza la conversión de corriente directa a corriente continua, la que finalmente alimenta la carga. Adicionalmente estos equipos cuentan con un interruptor estático, denominado *bypass*² [del inglés que significa derivación], este es un arreglo con electrónica de potencia que se encuentra sincronizado a la frecuencia de red, en caso de falla del UPS o si se requiere apagar, se encarga de transferir la carga a la alimentación de red sin corte de suministro eléctrico. Esta tecnología es mejor para proteger cargas sensibles pues no existe corte de energía ni falta de ciclos en las transferencias, consume mayor energía que un UPS fuera de línea porque la electrónica de potencia siempre permanece encendida. Con un buen cargador de baterías se pueden hacer arreglos que proporcionen muchos minutos de respaldo. El diagrama básico de operación se muestra en la imagen 4

² Bypass. <https://translate.google.com.mx/?ie=UTF-8&hl=es&client=tw-ob#en/es/BYPASS>.

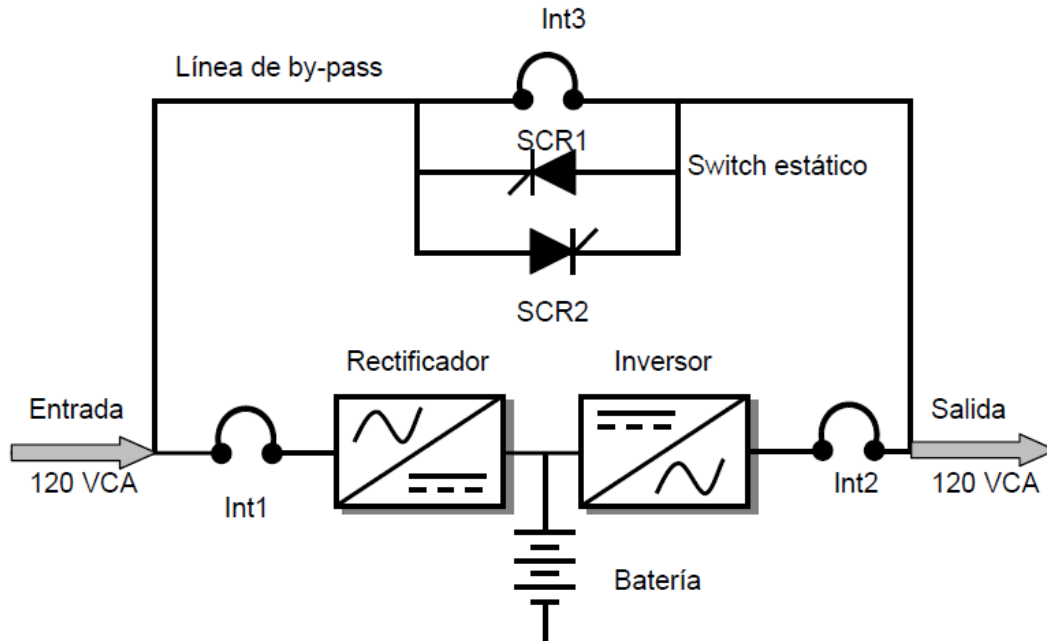


Imagen 4. . Diagrama de operación UPS tipo en línea. (On-line)

Un equipo UPS es un ejemplo de integración de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que por sí mismos son temas amplios de estudio. Constan de transistores de potencia como son SCR e IGBT, capacitores, microcontroladores y microprocesadores, ventiladores, contactores, transformadores y relevadores, por mencionar algunos.

Los UPS comúnmente se utilizan en arreglos con la finalidad de garantizar siempre la continuidad del suministro eléctrico regulado a la carga. Existen 5 tipos de configuraciones para brindar respaldo: capacidad (N), redundante aislado, redundante paralelo (N+1), redundante distribuido y sistema 2N, ordenadas de menor a mayor escala de disponibilidad, y de menor a mayor costo (McCarthy, 2004). Una breve explicación de estas es:

Capacidad. Es la más simple y económica, se dimensiona el respaldo en función de la carga, si este respaldo falla la carga queda desprotegida

Redundante Aislado. Requiere dos equipos conectados “en serie”. Requiere el doble de inversión que el anterior porque cada equipo debe estar dimensionado para soportar la carga.

Redundante Paralelo. Requiere dos equipos conectados “en paralelo”, Requiere más del doble de inversión que la redundancia por capacidad porque requiere dos equipos dimensionados para soportar la carga y generalmente se requiere de un gabinete que “sincroniza” las salidas de los equipos.

Redundante Distribuido. Utiliza varias acometidas y tres o más módulos UPS. Uno de los tres funciona como respaldo en caso de que alguno de los dos falle. Se utiliza en grandes instalaciones donde se requieren mantenimientos constantes

Redundante 2N. Tiene dos rutas independientes para una sola carga, lo que la hace la más costosa aunque también la más confiable.

La electricidad es una forma de energía tan versátil que tiene un sin número de aplicaciones, se manifiesta mediante varios fenómenos y propiedades físicas, se usa para generar luz mediante lámparas; calor, aprovechando el efecto Joule; movimiento, mediante motores que transforman la energía eléctrica en energía mecánica; señales mediante sistemas electrónicos; compuestos de circuitos eléctricos que incluyen componentes activos (tubos de vacío, transistores, diodos y circuitos integrados) y componentes pasivos como resistores, inductores y condensadores.

Antecedentes

La ingeniería eléctrica es el campo de estudio que se encarga de la aplicación de las matemáticas y la física para diseñar sistemas y equipos que permiten generar, transportar, distribuir y utilizar la energía eléctrica.

La sociedad actual se basa en el consumo de energía eléctrica, los sistemas de transporte, telecomunicaciones, hospitales, comercios, bancos e industrias son

algunos de los ejemplos en donde es vital el suministro de energía eléctrica para mantener los servicios operando sin perjuicios a las personas y sus bienes.

Las computadoras dominan la mayor parte de nuestras actividades, es difícil imaginar una acción donde esté ausente esta máquina. Los bancos, comercios e industrias manejan gran parte de sus operaciones mediante sistemas informáticos, los centros de cómputo llevan datos de usuarios, cuentas, dinero, archivos y datos entre sucursales y empresas de todo el mundo, de tal modo que no puede permitirse la mínima pérdida de información.

Las computadoras necesitan obligadamente estar energizadas para funcionar, fallas en el suministro eléctrico pueden ocasionar pérdida de información. De este modo, hoy es indispensable que además de contar con energía eléctrica, esta sea estable en la forma de la señal, normalizada con respecto al valor y constante, es decir, sin interrupciones. Si el suministro eléctrico cumple con estos parámetros se puede decir que existe “calidad en el suministro de energía eléctrica”.

Como respaldo al suministro de la compañía proveedora, los particulares recurren a realizar inversiones que permitan tener calidad eléctrica dentro de sus instalaciones para proteger su “carga³” crítica, en función del porcentaje de confiabilidad que se desee existen variedad de recursos que se pueden emplear, entre ellos está el uso de sistemas de alimentación ininterrumpida o UPS por sus siglas en inglés, plantas generadoras de energía eléctrica e incluso dobles acometidas de la compañía suministradora, todo esto en conjunto con supresores de sobretensiones transitorias.

El desarrollo de criterios para garantizar siempre la disponibilidad de energía ha hecho que se tengan circuitos eléctricos con un suministro garantizado de 99.99%.

Un “call center” o centro de llamadas, es un ejemplo de empresas que no pueden perder suministro eléctrico. Un apagón de energía implica la pérdida de la llamada,

³ Carga. El término hace referencia a la potencia instalada o demandada en un circuito eléctrico. Véase Artículo 100 NOM-001-SEDE-2012.

la posible venta, la información confidencial, tiempos de operación por restablecimiento y conexión a otros sistemas.

Una de estas empresas, solicitó a Grupo VKW Ingeniería elaborar una propuesta y los requerimientos para instalar un sistema de alimentación ininterrumpida para un centro de datos, el cual es el motivo de este trabajo escrito.

El centro de datos se encontrará en un piso de oficinas. Se requiere garantizar el suministro eléctrico en caso de falla de energía eléctrica o falla de alguno de los UPS, de tal modo que nunca se requiera realizar un apagado del servicio del centro de llamadas.

Grupo VKW Ingeniería realizó la propuesta del tipo de respaldo que debía implementarse, se tuvieron juntas con directivos del centro de llamadas para conocer el presupuesto y exponer ideas, determinar las cargas y expansiones futuras. Se trabajó en conjunto con arquitectos e ingenieros civiles para las adecuaciones de espacios y acabados.

Con el fin de homologar las definiciones, criterios y diseños hay diversas organizaciones que sirven de apoyo para los técnicos e ingenieros. Entre ellas y en las que se apoya este trabajo están el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE), Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), y la Norma Oficial Mexicana para Instalaciones Eléctricas (utilización) publicada por la Secretaría de Energía en el año 2012 (NOM-001-SEDE-2012).

Cabe destacar que no la NOM-001-SEDE-2012 no intenta ser una guía de diseño ni manual de instrucciones.

Capítulo 1. Descripción de la empresa Grupo VKW Ingeniería

1.1 Historia

Grupo VKW Ingeniería es una compañía mexicana dedicada a las instalaciones, asesoría, consultoría, diseño y ejecución; estudios de calidad y desarrollo de proyectos con 99% de confiabilidad desde subestación hasta centros de datos; venta y mantenimiento de equipo electromecánico, bajo el concepto 24/7/365, que implica un compromiso para atender emergencias ante cualquier eventualidad con los equipos o instalaciones.

Fue fundada en 1975 por el Ing. Gustavo Cunillé. En sus inicios se dedicó a la construcción de fábricas de toda índole, instalación de plantas generadoras de energía eléctrica, subestaciones y aire acondicionado. En la década de los noventa, las tecnologías de la información impusieron una creciente demanda de servicios regulados, confiables y de calidad, por lo que la empresa decide ampliar su perspectiva y brindar soluciones enfocadas a centros de datos y calidad de la energía, sin dejar atrás sus orígenes.

Con el nuevo siglo, VKW logra afianzar como una empresa sólida y forma alianzas estratégicas con líderes del sector eléctrico, entre las que destacan Mitsubishi UPS Division, Cyberex, PQ Global, Data Aire, Sanyo Denki, Controlled Power Company, de las cuales es proveedor de servicio y distribuidor autorizado. Hoy en día, la compañía cuenta con tres sucursales a nivel nacional que cubren la zona norte, bajío y centro. El organigrama se muestra en la imagen 5.

1.2 Misión de la empresa

Brindar el servicio de diseño, construcción y mantenimiento de instalaciones electromecánicas para Data Centers garantizando la satisfacción de los clientes, siempre en apego a los principios de calidad, requisitos legales, optimización de

recursos y mejora continua de nuestros procesos soportados en el talento humano comprometido y competente

1.3 Organigrama

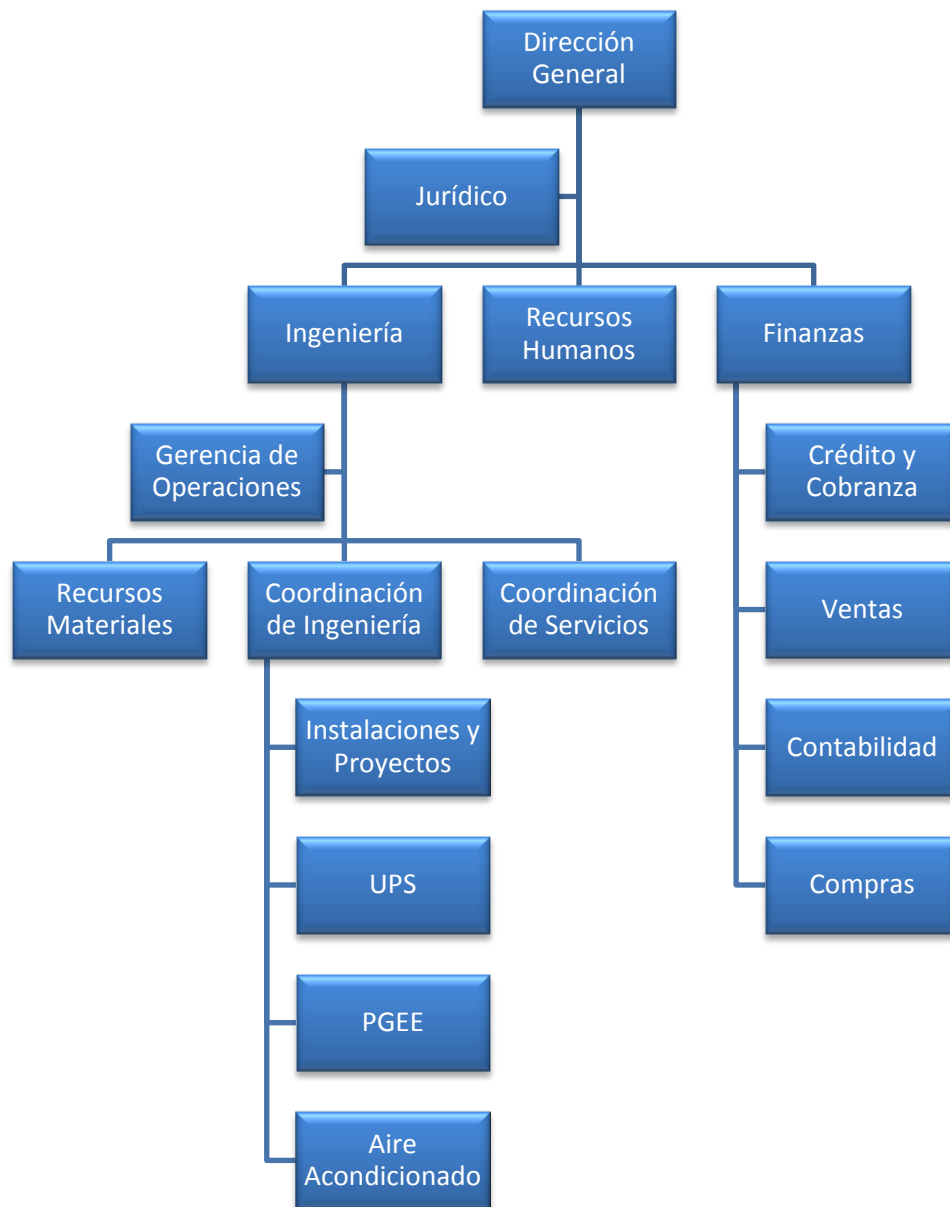


Imagen 5. Organigrama de la empresa Grupo VKW Ingeniería S.A. de C.V.

1.4 Descripción del puesto

Nombre de puesto: Ingeniero de servicio

Inicio de actividades: 21 de junio de 2012

Descripción genérica del puesto: Realizar los cálculos y requerimientos para la instalación, mantenimiento y puesta en marcha de equipos electromecánicos. Cumplir con los servicios programados de mantenimiento preventivo y correctivo a estos sistemas. En el organigrama de la imagen 5, el puesto depende del Departamento de UPS, que a su vez responde a la Coordinación de Ingeniería.

Las responsabilidades del puesto son:

I. Colaborar en la elaboración de calendarios de servicio, donde se programan las visitas a las empresas, viajes, revisión de recursos humanos y materiales requeridos, horas y días necesarios para ciertas actividades.

II. Realizar el servicio preventivo a Sistemas de Alimentación Ininterrumpida o UPS por sus siglas en inglés (Uninterrupted Power Supply), que implica verificar el estado de la electrónica, potencia, capacitores y baterías.

III. Revisar los parámetros obtenidos durante los mantenimientos preventivos con el fin de dar recomendaciones para conservar o en su caso prolongar el tiempo de vida útil del equipo. En caso de encontrarse averías o puntos de falla, coordinar el mantenimiento correctivo.

IV. Realizar mantenimientos correctivos a UPS, que incluyen por ejemplo: la solicitud de material para la reparación o reemplazo de tarjetas; reemplazo de baterías capacitores, abanicos, cableado, conectores, contactores, transistores u otros componentes electromecánicos. Coordinar y dar seguimiento a la operación. Modificar parámetros de operación.

V. Realizar levantamientos eléctricos, estudios de cargas, medición y toma de parámetros. Diseñar y hacer propuestas para la instalación de los componentes

electromecánicos, modificaciones o ampliaciones. Elaborar planos, memorias descriptivas y de cálculo, requerimientos de material. Ejecutar y coordinar la instalación.

VI. Hacer las mediciones en instalaciones eléctricas conflictivas para proponer soluciones a fallas de suministro, sobre voltajes y tensiones transitorias, armónicas, coordinación de protecciones y cumplimiento de normas. Elaborar planos, memorias descriptivas y de cálculo necesarias para justificar las recomendaciones y ejecución de obra.

VII. Realizar los reportes de arranque de los equipos con el fin de tramitar sus garantías. Consolidar la información del área a la Dirección General

Capítulo 2. Proyecto Eléctrico

2.1 Levantamiento

El alimentador actual del piso es cable calibre de 13.3 mm² (6 AWG). Con una capacidad de conducción de corriente para 75°C de 65 [A]. Tensión nominal 220Y/127 V. Distancia del medidor de CFE al tablero general: 70 metros.

Las oficinas cuentan con instalación eléctrica, un tablero para contactos y otro para alumbrado.

La potencia eléctrica de la carga instalada se considera como:

- 1) Luminarias incandescentes: es basándose en la potencia de la lámpara.
- 2) Luminarias fluorescentes: se considera la suma de la potencia del número de lámparas que contiene el equipo más el consumo del reactor integrado [W](5% de la potencia total de las lámparas). Se afecta ese valor por un factor de potencia de 0.95 del balastro para obtener potencia aparente (VA)
- 3) Receptáculos de servicio general: Su potencia será de 162 [W] (180 VA), considerando receptáculos dobles.
- 4) Receptáculos de servicio dedicado: Su potencia será de acuerdo al equipo, considerando receptáculos dobles para el uso de equipos como hornos de micro ondas, despachador de agua, cafetera, copiadora, impresora, etc.
- 5) Receptáculos de tensión regulada: Su potencia será de 162 [W] (180 VA), considerando receptáculos dobles.
- 6) Motores: La capacidad de la máquina será referida al resultado de las ingenierías correspondientes, su potencia en watts se considera sobre la base de los caballos de potencia multiplicados por el factor de conversión de 746[W] por cada 1 caballo de potencia.

El factor de potencia considerado en toda la carga de este proyecto es de $FP=0.90$ unidades para carga inductiva o combinación de resistiva-inductiva. Para cargas puramente resistivas se considera factor de potencia unitario.

Se realiza cuadro de la carga instalada, ver tabla 1.

Descripción	Potencia Unitaria [W]	Cantidad	Carga instalada [W]	Factor de demanda	Carga Demandada
Lámpara fluorescente T8 17W 26mm	17	270	4,820	1	4,820
Lámpara dicroica halógeno de 25	25	20	500	1	500
Equipo de cómputo de 300	300	22	6,600	1	6,600
Impresora láser	1,000	5	5,000	0.8	4,000
Horno de microondas	800	1	800	0.8	640
Refrigerador	1,500	1	1,500	0.8	1,200
Cafetera	900	1	900	0.8	720
Contacto normal	162	45	7,290	0.8	5,832
TOTAL			27,410		24,312

Tabla 1. Cuadro de cargas del levantamiento eléctrico.

De esta cantidad se calcula la corriente trifásica (Dorf, 2003), por simplicidad de los cálculos se consideran las cargas balanceadas en tres fases y un factor de potencia de 0.9 medido por un analizador de energía colocado en el medio de desconexión principal al momento de hacer el levantamiento.

$$I_{\text{nominal } 3\phi} [A] = \frac{\text{Potencia real [W]}}{\text{Tensión [V]} * \sqrt{3} * \text{Factor de potencia}}$$

$$I_{\text{nominal } 3\phi} [A] = \frac{27\,410 [W]}{220 [V] * \sqrt{3} * .9}$$

$$I_{\text{nominal } 3\phi} [A] = 80 [A]$$

Adicionalmente, se toma lectura del consumo en amperes antes de desarrollar el proyecto a plena carga, se tomaron los siguientes valores:

I_a=34

I_b=53

I_c= 48

I_n=32

Donde “I_a” es la corriente en la fase A, “I_b” es la corriente en la fase B, “I_c” es la corriente en la fase C, “I_n” es la corriente en el conductor neutro.

De la capacidad de conducción del corriente se determina que la carga instalada supera la capacidad del cableado por lo que se requiere realizar cálculos para el proyecto de una nueva instalación eléctrica. Se muestra el diagrama unifilar antes del proyecto en el anexo A. La información contenido en el diagrama corresponde a la información del cliente, mediciones y levantamiento, la empresa Grupo VKW Ingeniería no respalda el cumplimiento de la norma de dicha instalación eléctrica.

Para los cálculos del proyecto se debe contemplar un factor de crecimiento o proyección a futuro, este factor lo determinó el cliente. Se considera un factor de 1.2 para la carga general del piso de oficinas y para la carga regulada se contempla un factor de 4.

La confiabilidad requerida en el centro de datos y servicios regulados del piso de oficinas se consigue mediante la colocación de un UPS. Para dimensionar el equipo se utiliza la carga del equipo de cómputo obtenida en la tabla 1.

$$\begin{aligned} \text{Carga regulada instalada} &= 6\,600 \text{ [W]} \\ \text{Factor de crecimiento} &= \underline{x\,4.0}. \\ \text{Carga regulada proyectada} &= 26\,400 \text{ [W]} \end{aligned}$$

La carga normal y servicios generales queda de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Carga normal instalada} &= 20\,810 \text{ [W]} \\ \text{Factor de crecimiento} &= \underline{x\,1.2}. \\ \text{Carga normal proyectada} &= 24\,972 \text{ [W]} \end{aligned}$$

$$\text{Carga instalada proyectada} = 26\,400 + 24\,972 = 51\,372 \text{ [W]}$$

$$\text{Con factor de potencia de 0.9, se tiene: } 57\,080 \text{ [VA]}$$

$$\begin{aligned} \text{Carga demandada} &= 6\,600 \text{ [W]} \\ \text{Factor de crecimiento} &= \underline{x\,4}. \\ \text{Carga demandada proyectada} &= 26\,400 \text{ [W]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Carga normal demandada} &= 17\,712 \text{ [W]} \\ \text{Factor de crecimiento} &= \underline{x\,1.2}. \\ \text{Carga demandada proyectada} &= 21\,254 \text{ [W]} \end{aligned}$$

$$\text{Carga demandada proyectada} = 26\,400 + 21\,254 = 47\,654 \text{ [W]}$$

$$\text{Con factor de potencia de 0.9, se tiene: } 52\,949 \text{ [VA]}$$

La Planta Generadora de Energía Eléctrica (PGEE) del cliente es de 150 kW marca Ottomotores con motor Cummins y generador Stamford para uso continuo a 480 [V]. Con la proyección a futuro, la planta estaría trabajando al 31.8% de su capacidad, con toda la carga instalada a futuro, por lo que puede soportar sin ningún problema la demanda.

2.2 Memoria descriptiva

Esta memoria técnica descriptiva tiene como objetivo resumir el lineamiento propuesto y las consideraciones aplicadas para el cálculo y realización del proyecto de instalación eléctrica para un UPS para centro de datos de un centro de llamadas.

Este proyecto se desarrolló de acuerdo con las Normas Oficiales para el uso y suministro de energía eléctrica vigentes en los Estados Unidos Mexicanos. Todos los materiales, equipos y accesorios que aquí se describen deben cumplir con los lineamientos de las normas oficiales mexicanas o normas internacionales. Los materiales, equipos y accesorios que aquí se describen, son aplicables única y exclusivamente a este proyecto.

Se tendrá una acometida de energía eléctrica en baja tensión en 220 [V] partiendo de la concentración de medidores existente en la subestación. Se tendrá una planta de generación de energía eléctrica (PGEE) de 150 [kW] ubicada en el sótano 1 en un área delimitada para tal fin, en la misma área existirá un tablero de transferencia. Dicho equipo se dio de baja de otra sucursal del cliente y se empleará en este proyecto, la tensión de generación es 480[V].

Se tendrá un transformador tipo seco de propósito general dentro del cuarto de la planta de generación de energía eléctrica ubicado en el sótano 1. El transformador tendrá una capacidad de 150 [kVA], con tensión de 220/127[V] en el lado primario y 480 V del lado secundario.

Se tendrá un transformador tipo seco de propósito general dentro del cuarto eléctrico del piso 7. El transformador tendrá una capacidad de 150 [kVA], con tensión de 480[V] en el lado primario y 220/127[V] del lado secundario. Dentro del mismo cuarto se localizará el tablero general “TG” del cual partirán los alimentadores a los diferentes tableros derivados y equipos. Se conservarán los tableros existentes y sus circuitos: de alumbrado, contactos normales y contactos regulados. Se instalará un tablero para los equipos de aire acondicionado.

Se instalarán dos equipo de energía ininterrumpible (UPS) de 50 [kVA] con sus respectivos bancos de baterías. Este equipo se encuentra dentro del sistema normal alimentado por el tablero “TG” y dará respaldo a los equipos instalados en el site así como a los contactos regulados para los equipos de cómputo. Este equipo evitará el corte de energía en los equipos mencionados. Las cargas respaldadas son alimentadas por el tablero del sistema regulado

El alimentador será canalizado por charola tipo escalera por todo su recorrido hasta la vertical eléctrica del edificio Debido a la trayectoria limitada para canalizaciones en el edificio, no se pueden pasar muchos conductores por la vertical, por esto en el diseño se considerará el menor número de conductores posibles aprovechando la tensión de operación de la PGEE, 480 [V], manejar esta tensión permite disminuir la corriente que circula por los conductores. La capacidad de conducción a distintas tensiones se puede calcular a través de la siguiente ecuación para el caso de circuitos trifásicos (Dorf, 2003).

$$Corriente [A] = \frac{Potencia [VA]}{Tensión [V] * \sqrt{3}}$$

Por ejemplo, para 150 [kVA] a 480 [V], tenemos:

$$Corriente [A] = \frac{150\ 000 [VA]}{480 [V] * \sqrt{3}}$$

$$Corriente [A] = 180.63 [A]$$

Para el caso de los mismos 150[kVA] pero a 220 [V], tenemos:

$$Corriente [A] = \frac{150\,000 [VA]}{220 [V] * \sqrt{3}}$$

$$Corriente [A] = 394.11 [A]$$

Podemos concluir que la corriente es menor a 480[V] comparada con 220[V]. Esto nos permitiría utilizar un calibre menor de conductor para transmitir la misma energía.

Las protecciones, gabinetes y transformadores serán de la marca Square D debido a la confiabilidad, fácil instalación y compatibilidad con los requisitos del trabajo. Los diámetros de todas las canalizaciones rígidas o flexibles, cajas de conexión, condulets y demás accesorios que aquí y en proyecto se describen están especificados de acuerdo con los diámetros estándar que se establecen en la NOM-001-SEDE-2012 (ver anexo C)

El nivel de tensión eléctrica nominal del sistema es a 220 Y/127 [V] y el nivel de tensión eléctrica de utilización para servicio regulado se considera a 208 Y/120 [V].

Los conductores serán de cobre y deberán contar con la aceptación de la Norma Oficial Mexicana; su aislamiento debe ser THHW-LS, que significa “Thermoplastic, High Heat, Water (Resistant) - Low Smoke” y cuyas características son: Cable con aislamiento termoplástico, 600 V, 90 °C en seco y 75°C en ambiente mojado, bajas emisiones de Humo, no propagación de incendio.

Por la practicidad y rapidez de armado, se utilizará como canalización charola tipo escalera.

En resumen, el flujo de energía queda de la siguiente manera:

La acometida de la compañía suministradora llega a un Interruptor termomagnético (ITM) de caja moldeada a 220 [V], de aquí llega a un transformador

elevador de 150kVA, 220Y/127-480 [V]. En este nivel de tensión se conecta la PGEE por medio de una transferencia automática y se transmite hasta el piso 7 del edificio donde llega a un ITM de caja moldeada, la cual es la protección del lado primario de un transformador reductor de 150 [kVA], 480-220Y/127 [V]. Enseguida la energía eléctrica llega a un tablero de distribución, que por la cantidad de corriente que se está calculando es del tipo I-Line, aquí se distribuye la energía a los tableros existentes, aires acondicionados nuevos y sistema de energía regulada.

2.3 Memoria de cálculo

2.3.1 Acometida

La acometida actual debe cambiarse para soportar la carga proyectada. El calibre actual del cable no soportaría el incremento de corriente y pone en riesgo la instalación eléctrica. Se le informa la situación al cliente y son ellos quienes tramitan al cambio de tarifa. La colocación de la nueva base del medidor la realiza VKW Ingeniería conforme a la especificación de CFE GWOO-11, se realiza un nicho para colocar la base de 7 terminales, se instala dicha base y los transformadores de corriente proporcionados por CFE.

El medio desconectador será un interruptor termomagnético en caja moldeada, este se dimensiona por la capacidad del transformador, 150kVA, se tiene un ITM 3x500 [A], el cálculo se detalla enseguida.

2.3.2 Dimensionamiento de protecciones

La capacidad nominal de las protecciones de disparo fijo de circuitos derivados y alimentadores, es con base en la corriente del circuito, capacidad de los cables (considerando los factores de corrección) y valores nominales especificados en la sección 240-6 de la NOM-001-SEDE-2012 (Capacidades estandarizadas de fusibles e interruptores automáticos). Ver Anexo C

Para el transformador elevador de 150 [kVA], la protección se calcula con la corriente nominal a 220 [V] por 1.25, se tiene⁴:

$$\text{Protección ITM elevador} = 394.11 * 1.25 [A]$$

$$\text{Protección ITM elevador} = 492.63 [A]$$

El valor comercial que se elige es de 500 [A]. En la imagen 6 se ve el tablero de caja moldeada.



Imagen 6. Tablero de caja moldeada con Interruptor

De este interruptor los conductores llegan al transformador elevador de 220 a 480[V], conexión Estrella – Delta. De este modo, del lado secundario se llega a la transferencia de la PGEE.

De la transferencia la energía eléctrica va hasta el piso 7 del edificio, al punto de utilización; ahí se coloca un transformador reductor para tener una tensión de

⁴ Artículo 450-3, NOM-001-SEDE-2012

220Y/127 [V], este transformador tiene una capacidad de 150 [kVA], su protección es de 225 [A] que se obtuvo de la siguiente manera:

$$\textit{Protección ITM reductor} = 180.63 * 1.25 [A]$$

$$\textit{Protección ITM reductor} = 225.78 [A]$$

La PGEE tiene su protección integrada a la salida del generador, por lo que no hay que hacer cálculos al respecto, La capacidad del ITM es de 225 [A].

El tablero general de distribución tipo I-Line un interruptor general, un circuito para el UPS, un circuito para alumbrado, contactos normales y un circuito para los aires acondicionados, enseguida se describen cómo se calcula el valor de cada ITM.

El circuito regulado debe dimensionarse a 50 kVA, esto es:

$$\textit{Corriente [A]} = \frac{50\,000 [VA]}{220 [V] * \sqrt{3}}$$

$$\textit{Corriente [A]} = 131.37[A]$$

$$\textit{Protección [A]} = 131.37[A] * 1.25$$

$$\textit{Protección [A]} = 164.21[A]$$

El interruptor se selecciona a 3x175 [A]

El circuito de alumbrado, considerando el factor de potencia de los balastos:

$$\textit{Corriente [A]} = \frac{5320 [W]}{220 [V] * \sqrt{3} * 0.9}$$

$$\textit{Corriente [A]} = 15.53[A]$$

$$\textit{Protección [A]} = 15.53[A] * 1.25$$

$$Protección [A] = 19.41[A]$$

El interruptor se selecciona a 3x30 [A]

El circuito de contactos normales se dimensiona considerando los aparatos de cocina, impresoras y carga instalada de contactos normales:

$$Corriente [A] = \frac{15490 [W] * 1.2}{220 [V] * \sqrt{3} * 0.9}$$

$$Corriente [A] = 54.2[A]$$

$$Protección [A] = 54.2[A] * 1.25$$

$$Protección [A] = 68[A]$$

El interruptor se selecciona a 3x70 [A]

El circuito de aires acondicionados se dimensiona conforme el artículo 440-22 de modo similar, el interruptor elegido es 3x100 [A].

2.3.3 Dimensionamiento de conductores

La capacidad de conducción de corriente para cada cable es con base en las tablas: 310-15(b)16 (cuando se tienen conductores en tubería); tabla 310-15 (b) 17 (cuando se tienen conductores en charola con sus respectivos factores de corrección con base en el arreglo de cables) y 310-15 (b) 20 (cuando se tienen en charola con arreglos triangulares o cuádruples de varios conductores por fase), de la NOM-001-SEDE-2012. Ver Tabla 2, 3 y 4 de este escrito, respectivamente.

La selección del conductor se desarrolla por el ensayo de:

1) Capacidad de conducción. Donde se considera la capacidad de conducción de diseño del cable con temperatura de 60° C para calibres de 14 a 2 AWG; para calibres 1/0 y mayores se emplea la capacidad de 75° C.

2) Caída de tensión. El criterio de selección por caída de potencial en cables se basa en tener el 3% máximo en conductores de circuitos derivados y el 2% máximo en alimentadores.

La caída de tensión se calcula de acuerdo con la suma vectorial de resistencia y reactancia de diseño especificada por fabricantes para cada calibre empleado, siendo la expresión en cada caso⁵:

Sistema monofásico: $e(\text{volts}) = 2 (L) (\ln) [(R \cos \Phi) + (X \text{sen}\Phi)]$

Sistema trifásico: $e(\text{volts}) = (1.732) (L) (\ln) [(R \cos \Phi) + (X \text{sen}\Phi)]$

$e\% = [e(\text{volts}) * 100] / V \text{ nominal}$

Donde;

e: Caída de tensión en volt

e%: Caída de tensión en porcentaje

R: Valor de resistencia

X: Valor de reactancia

L: distancia del conductor

Cos Φ : Coseno del ángulo Φ

Sen Φ : Seno del ángulo Φ

Otro método para el cálculo de la caída de tensión en un sistema trifásico es mediante la siguiente ecuación:

$$\%e = \frac{2 \sqrt{3} (\text{Distancia [m]})(\text{Corriente } 3\phi \text{ [A]})}{(\text{Tensión nominal [V]})(\text{Área del conductor [mm}^2\text{]})}$$

La comparación del calibre mayor resultante de los dos métodos será el seleccionado para el circuito

⁵ Tabla 9. NOM-001-SEDE-2012

Tabla 2. Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 V, no más de tres conductores portadores de corriente en una canalización. Temperatura ambiente de 30 °C

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 810-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, TTHW-L3, THW, THW-L3, TTHW, XHHW, USE, ZW	TIPOS TB3, SA, S13, FEP, FEPS, MI, RHH, RHW-2, THHN, TTHW, TTHW- L3, THW-2, TTHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW- 2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, S13, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
0.824	18 [#]	—	—	14	—	—	—
1.31	16 [#]	—	—	18	—	—	—
2.08	14 [#]	15	20	25	—	—	—
3.31	12 [#]	20	25	30	—	—	—
5.26	10 [#]	30	35	40	—	—	—
8.37	8	40	50	55	—	—	—
13.3	6	55	65	75	40	50	55
21.2	4	70	85	95	55	65	75
26.7	3	85	100	115	65	75	85
33.6	2	95	115	130	75	90	100
42.4	1	110	130	145	85	100	115
53.49	1/0	125	150	170	100	120	135
67.43	2/0	145	175	195	115	135	150
85.01	3/0	165	200	225	130	155	175
107.2	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	195	230	260
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	350	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	315	375	425
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	445
456	900	435	520	585	355	425	480
507	1000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	535	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1013	2000	555	665	750	470	560	630

Tabla 3. Ampacidades permisibles en conductores individuales aislados al aire libre a temperatura ambiente de 30°C

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [véase la Tabla 310-104(a)]					
		80 °C	75 °C	90 °C	80 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-L3, THW, THW-L3, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW-L3, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
		COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
0.824	18	—	—	14	—	—	—
1.31	16	—	—	18	—	—	—
2.08	14 ^{mm}	25	30	35	—	—	—
3.31	12 ^{mm}	30	35	40	—	—	—
5.26	10 ^{mm}	40	50	55	—	—	—
8.37	8	60	70	80	—	—	—
13.3	6	80	95	105	60	75	85
21.2	4	105	125	140	80	100	115
26.7	3	120	145	165	95	115	130
33.6	2	140	170	190	110	135	150
42.4	1	165	195	220	130	155	175
53.5	1/0	195	230	260	150	180	205
67.4	2/0	225	265	300	175	210	235
85.0	3/0	260	310	350	200	240	270
107	4/0	300	360	405	235	280	315
127	250	340	405	455	265	315	355
152	300	375	445	500	290	350	395
177	350	420	505	570	330	395	445
203	400	455	545	615	355	425	480
253	500	515	620	700	405	485	545
304	600	575	690	780	455	545	615
355	700	630	755	850	500	595	670
380	750	655	785	885	515	620	700
405	800	680	815	920	535	645	725
456	900	730	870	980	580	700	790
507	1000	780	935	1055	625	750	845
633	1250	890	1065	1200	710	855	955
760	1500	990	1175	1325	795	950	1070
887	1750	1070	1280	1445	875	1050	1185
1013	2000	1155	1385	1560	960	1150	1295

Tabla 4. Resistencia y Reactancia en corriente alterna, tres conductores en tubo conduit

Area mm ²	Tamaño (AWG o kcmil)	Ohms al neutro por kilómetro														
		X _L (Reactancia) para todos los conductores		Resistencia en corriente alterna para conductores de cobre sin recubrimiento			Resistencia en corriente alterna para conductores de aluminio			Z eficaz a FP = 0.85 para conductores de cobre sin recubrimiento			Z eficaz a FP = 0.85 para conductores de aluminio			
		Conduit de PVC o Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	
2.08	14	0.190	0.240	10.2	10.2	10.2	—	—	—	8.9	8.9	8.9	—	—	—	
3.31	12	0.177	0.223	6.6	6.6	6.6	—	—	—	5.6	5.6	5.6	—	—	—	
5.26	10	0.164	0.207	3.9	3.9	3.9	—	—	—	3.6	3.6	3.6	—	—	—	
8.36	8	0.171	0.213	2.56	2.56	2.56	—	—	—	2.26	2.26	2.30	—	—	—	
13.306		0.167	0.210	1.61	1.61	1.61	2.66	2.66	2.66	1.44	1.48	1.48	2.33	2.36	2.36	
21.154		0.157	0.197	1.02	1.02	1.02	1.67	1.67	1.67	0.95	0.95	0.98	1.51	1.51	1.51	
26.673		0.154	0.194	0.82	0.82	0.82	1.31	1.35	1.31	0.75	0.79	0.79	1.21	1.21	1.21	
33.622		0.148	0.187	0.62	0.66	0.66	1.05	1.05	1.05	0.62	0.62	0.66	0.98	0.98	0.98	
42.411		0.151	0.187	0.49	0.52	0.52	0.82	0.85	0.82	0.52	0.52	0.52	0.79	0.79	0.82	
53.491/0		0.144	0.180	0.39	0.43	0.39	0.66	0.69	0.66	0.43	0.43	0.43	0.62	0.66	0.66	
67.432/0		0.141	0.177	0.33	0.33	0.33	0.52	0.52	0.52	0.36	0.36	0.36	0.52	0.52	0.52	
85.013/0		0.138	0.171	0.253	0.269	0.259	0.43	0.43	0.43	0.289	0.302	0.308	0.43	0.43	0.46	
107.24/0		0.135	0.167	0.203	0.220	0.207	0.33	0.36	0.33	0.243	0.256	0.262	0.36	0.36	0.36	
127 250		0.135	0.171	0.171	0.187	0.177	0.279	0.295	0.282	0.217	0.230	0.240	0.308	0.322	0.33	
152 300		0.135	0.167	0.144	0.161	0.148	0.233	0.249	0.236	0.194	0.207	0.213	0.269	0.282	0.289	
177 350		0.131	0.164	0.125	0.141	0.128	0.200	0.217	0.207	0.174	0.190	0.197	0.240	0.253	0.262	
203 400		0.131	0.161	0.108	0.125	0.115	0.177	0.194	0.180	0.161	0.174	0.184	0.217	0.233	0.240	
253 500		0.128	0.157	0.089	0.105	0.095	0.141	0.157	0.148	0.141	0.157	0.164	0.187	0.200	0.210	
304 600		0.128	0.157	0.075	0.092	0.082	0.118	0.135	0.125	0.131	0.144	0.154	0.167	0.180	0.190	
380 750		0.125	0.157	0.062	0.079	0.069	0.095	0.112	0.102	0.118	0.131	0.141	0.148	0.161	0.171	
507 1000		0.121	0.151	0.049	0.062	0.059	0.075	0.089	0.082	0.105	0.118	0.131	0.128	0.138	0.151	

El tamaño nominal mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos, son seleccionados a la capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos. Las capacidades de cables para este fin, se especifican en la tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012. Ver Tabla 5

Así mismo, todas las capacidades de los cables son coordinadas con los valores nominales de las protecciones instaladas que los protegen.

Tabla 5. Tamaño mínimo de conductores de puesta a tierra

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc., sin exceder de: (amperes)	Tamaño			
	Cobre		Cable de aluminio o aluminio con cobre	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2.08	14	—	—
20	3.31	12	—	—
60	5.26	10	—	—
100	8.37	8	—	—
200	13.30	6	21.20	4
300	21.20	4	33.60	2
400	33.60	2	42.40	1
500	33.60	2	53.50	1/0
600	42.40	1	67.40	2/0
800	53.50	1/0	85.00	3/0
1000	67.40	2/0	107	4/0
1200	85.00	3/0	127	250
1600	107	4/0	177	350
2000	127	250	203	400
2500	177	350	304	600
3000	203	400	304	600
4000	253	500	380	750
5000	355	700	608	1200
6000	405	800	608	1200

La temperatura máxima considerada es de 30° C, por lo que el factor de corrección por temperatura es unitario. Los valores de factores de corrección por temperatura son especificados en la tabla 310-15(b)(2)(a) de la NOM-001-SEDE-2012. Ver tabla 6.

Tabla 6. Factores de corrección

Para temperaturas ambiente distintas de 30 °C, multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:			
Temperatura ambiente (°C)	Rango de temperatura del conductor		
	60 °C	75 °C	90 °C
10 o menos	1.29	1.20	1.15
11-15	1.22	1.15	1.12
16-20	1.15	1.11	1.08
21-25	1.08	1.05	1.04
26-30	1.00	1.00	1.00
31-35	0.91	0.94	0.96
36-40	0.82	0.88	0.91
41-45	0.71	0.82	0.87
46-50	0.58	0.75	0.82
51-55	0.41	0.67	0.76
56-60	-	0.58	0.71
61-65	-	0.47	0.65
66-70	-	0.33	0.58
91-75	-	-	0.50
76-80	-	-	0.41
81-85	-	-	0.29

Los factores de corrección por agrupamiento de acuerdo con el número de conductores protegidos en cada tubería son conforme a lo establecido en la tabla del artículo 310 nota 8 a), de la NOM-001-SEDE-2012.

a) Más de tres conductores activos en un cable o canalización. Cuando el número de conductores activos en un cable o canalización sea mayor a tres, la capacidad de conducción de corriente se debe reducir como se indica en la siguiente Tabla 7:

Tabla 7. Factores de ajuste para más de tres conductores en una canalización

Número de conductores ¹	Porcentaje de los valores en las tablas 310-15(b)(16) a 310-15(b)(19), ajustadas para temperatura ambiente, si es necesario.
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y más	35

A modo de ejemplo se muestra el cálculo del calibre del alimentador del Transformador elevador de 150 kVA al piso 7, donde el nivel de tensión es 480 [V], del cálculo de corriente se obtuvo:

$$Corriente\ nominal = 180[A]$$

$$Ajuste\ por\ sobrecorriente = 180 * 1.25 [A]$$

$$Ajuste\ por\ sobrecorriente = 225[A]$$

$$Ajuste\ por\ Factor\ de\ temperatura = 225 * 1[A]$$

$$Ajuste\ por\ Factor\ de\ temperatura = 225 * 1 [A]$$

$$Corriente\ ajustada = 225 [A]$$

Este valor se busca en la tabla 4 (Artículo 310.15(b)17 de la NOM-001-SEDE-2012), se elige el calibre 107mm² (4/0 AWG) un hilo por fase y un hilo para el conductor neutro. Su instalación se hizo tomando en consideración los artículos 392.20 y 392.80 de la NOM-001-SEDE-2012 (ver anexo D)

La caída de tensión se obtiene con la ecuación dada:

$$\%e = \frac{2 \sqrt{3} (\text{Distancia [m]})(\text{Corriente } 3\phi \text{ [A]})}{(\text{Tensión nominal [V]})(\text{Área del conductor [mm}^2\text{]})}$$

Sustituyendo valores,

$$\%e = \frac{2 \sqrt{3} (120)(180)}{(480)(107.2)}$$

$$\%e = 1.45$$

Como el valor es menor a 2, entonces no se requieren hacer ajustes del calibre seleccionado.

2.3.4 Canalizaciones

Las dimensiones de las canalizaciones son seleccionadas de acuerdo con la suma de las áreas de los cables instalados en cada tubería [mm²] considerando el aislamiento y las medidas mínimas son seleccionadas de la tabla 4 del capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-2012, ver anexo E.

El área máxima que deberán ocupar los cables en canalizaciones son:

- 1) Cuando se lleva un solo conductor = 53%.
- 2) Cuando se llevan dos conductores = 31%.
- 3) Cuando son más de dos = 40 %.

Para el tramo de charola se aplican las consideraciones del artículo 392 de la NOM-001-SEDE-2012 “Charolas Portacables” y las recomendaciones del fabricante, ver anexo F.

En la imagen 7 se puede apreciar un tramo de charola tipo escalera, está hecha de aluminio, la varilla roscada es de acero, contiene peralte, posee los accesorios para interconectar los tramos rectos, curvas y elevaciones, sujetos firmemente

con tornillos. Los conductores están acomodados en circuitos independientes y colocados de tal modo que su radio de curvatura no daña el aislamiento ni el conductor.



Imagen 7. Canalización, tramo de Charola tipo escalera

2.3.5 Planta generadora de energía eléctrica

El espacio destinado para colocar el equipo es en el primer sótano del estacionamiento del edificio, el piso no tiene las características para soportar el peso y empuje de arranque del motor por lo que el área de ingeniería correspondiente realiza los cálculos y obra civil para reforzar la base.

La planta generadora de energía eléctrica (PGEE) se desmonta de un edificio de oficinas, propiedad del cliente, se traslada a su nueva ubicación, se contrata un maniobrista que se encarga de colocar el equipo en su lugar.

Se realizan todas las conexiones de las tuberías de combustible, escape, cableado de control y conexiones eléctricas. Se recarga el combustible, se revisa que no existan fugas tanto en el escape como de combustible.

La transferencia es de transición abierta, esto significa que no sincroniza con la red suministradora, el control es Deep-Sea 5220, se revisan los parámetros de tensión de arranque – paro, tiempos y calibraciones de los sensores mediante una computadora portátil antes de su arranque. En la imagen 8 se puede apreciar el acabado de la planta una vez colocada en su base.



Imagen 8. PGEE colocada en base

La PGEE tiene su protección integrada a la salida del generador, por lo que no hay que hacer cálculos al respecto, La capacidad del ITM es de 500 [A].

Por protección de las personas cercanas y del equipo, se realiza un enrejado para cercar el área⁶. En la imagen 9 se muestra una foto de la PGEE dentro del enrejado.

⁶ Artículo 501, NOM-001-SEDE-2012



Imagen 9. Finalización del enrejado de la PGEE

2.3.6 Sistema de alimentación ininterrumpida

Del levantamiento se estimó una carga regulada proyectada de 26400 [kW] / 29333 [VA] Dentro del portafolio de soluciones de Mitsubishi, el equipo recomendado es un UPS de 40 kVA.

Para la selección del interruptor termomagnético de alimentación del UPS se verifica que el valor recomendado por el fabricante cumpla con los requisitos de la NOM-001-SEDE-2012. Ver Tabla 8.

Tabla 8. Valor del interruptor termomagnético en la entrada del UPS, recomendado por fabricante⁷.

kVA	Tensión	Corriente nominal	Interruptor Termomagnético recomendado
40	208	105	150

El valor del interruptor termomagnético (ITM) se calcula de la siguiente manera, para circuitos trifásicos balanceados (Dorf, 2004).

⁷ Valor Tomado del Manual de usuario del equipo UPS Mitsubishi Modelo 2033A

$$I \text{ nominal } 3\varphi [A] = \frac{\text{Potencia [VA]}}{\text{Tensión [V]} \cdot \sqrt{3}}$$

De donde, sustituyendo los valores, se obtiene:

$$I \text{ nominal } 3\varphi [A] = \frac{40\,000 [VA]}{220 [V] \cdot \sqrt{3}}$$

$$I \text{ nominal } 3\varphi = 105.01 [A] \approx 105 [A]$$

El valor del ITM recomendado viene dado de aplicarle un factor 1.25 por sobrecorriente al valor de *Inominal*, con lo que se tiene:

$$ITM = I \text{ nominal } 3\varphi \cdot 1.25$$

$$ITM = 105 [A] \times 1.25 = 131.37 [A]$$

Se elige un interruptor de 150 [A].

El calibre de cable se elige respetando los criterios indicados en la NOM-001-SEDE-2012. Tomando la temperatura de operación del cable a 75°C, temperatura ambiente de 30°C y no más de tres conductores en una canalización. Se elige el calibre de cable 53.49 [mm²] (1/0 AWG) para los conductores y neutro. El calibre de cable de puesta a tierra viene dado por el valor del ITM y con base en el artículo 250 se determina que es de 13.30 [mm²] (6 AWG). Se verifica la caída de tensión %e = 0.5, como es menor a 2 no se requiere realizar más ajustes.

Las baterías se eligen según el tiempo de respaldo especificado por el cliente de 15 minutos a plena carga incluyendo proyección a futuro (29.33 kVA). La eficiencia del UPS a ese valor de carga (73.3% de la capacidad) es de 97% según datos del fabricante, como se muestra en la imagen 10.

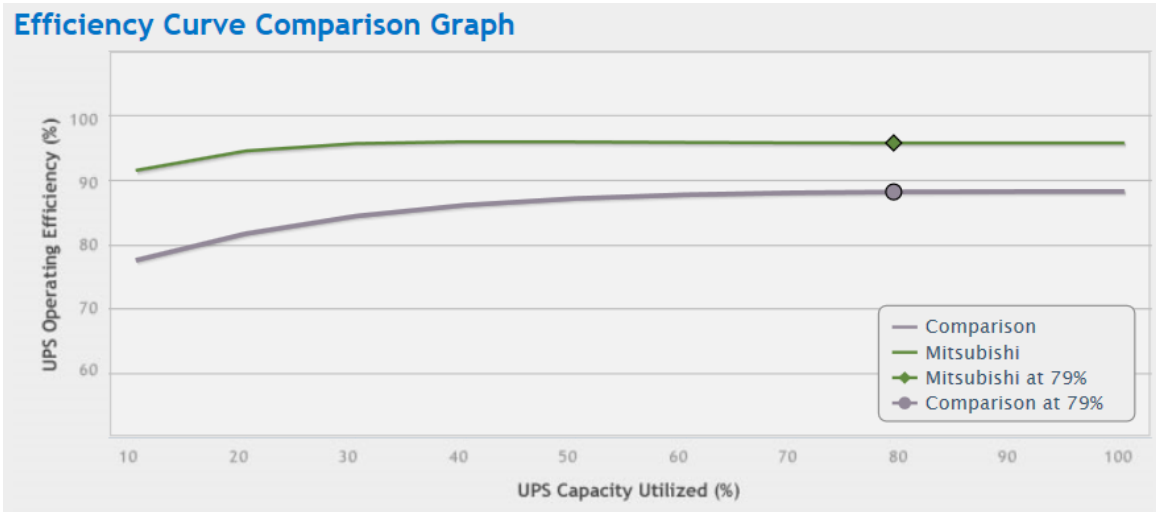


Imagen 10. Curva de eficiencia contra la capacidad utilizada en un UPS Mitsubishi y la competencia

De este modo, la potencia requerida para que el UPS opere (Griffith, 1989):

$$\text{Potencia entrada} = \frac{\text{Potencia de salida}}{\text{eficiencia}}$$

$$\text{Potencia entrada} = \frac{26\,400 \text{ [W]}}{0.97}$$

$$\text{Potencia entrada} = 27\,216.5 \text{ [W]}$$

El UPS Mitsubishi 2033 requiere 360[Vdc] para operar, es decir, 30 baterías de 12[Vdc]. Con esto calculamos la potencia requerida por batería.

$$\text{Potencia por batería} = \frac{27\,216.5 \text{ [W]}}{30}$$

$$\text{Potencia por batería} = 907.2 \text{ [W]}$$

Una batería de 12 [Vdc] tiene 6 celdas. Para calcular la potencia requerida por celda, valor que viene en las tablas de los fabricantes y es útil para buscar el modelo indicado para nuestro equipo, se realiza lo siguiente:

$$Potencia\ por\ celda = \frac{907.2 [W]}{6}$$

$$Potencia\ por\ celda = 151.2 [W/celda]$$

Del catálogo de baterías Dynasty, de C&D Technologies, marca prestigiada por sus certificaciones y diseños especiales para UPS, se tiene la tabla 9.

Model	Voltage	AH 20 hr*	Constant Power Discharge Ratings - Watts per Cell @ 77°F (25°F)									Weight	
			Operating Time (in minutes) to 1.67 Volts per Cell									lbs	kg
			5	10	15	20	30	40	50	60	90		
UPS12-100MR	12	26.0	172	117	90.9	75.4	57.2	46.5	39.3	34.1	24.6	21.0	10.0
UPS12-150MR	12	34.6	290	193	148	120	88.9	71.1	59.4	51.1	36.1	27.3	12.4
UPS12-210MR	12	53.8	373	261	206	169	127	102	85.1	73.3	51.9	40.0	18.0
UPS12-300MR	12	78.6	546	385	300	245	183	147	123	106	75.0	58.4	26.5
UPS12-350MR	12	93.2	619	440	350	289	216	173	144	123	85.9	67.4	30.5
UPS12-400MR	12	103	716	506	400	328	244	195	162	139	97.2	75.8	34.4
UPS12-490MR	12	115	772	607	488	402	300	240	201	173	122	83.0	38.0
UPS12-490MR	12	141	771	593	488	411	317	258	218	189	135	100.0	45.0
UPS12-540MR	12	149	875	657	537	451	343	277	231	198	139	100.0	45.0
UPS6-620MR	6	199	938	747	620	530	410	335	283	245	174	72.0	33.0

* Nominal 20 hr rate to 1.75 VPC in Ampere-Hours.

Tabla 9. Watts por celda en función del modelo y el tiempo de operación en minutos. Operación a 25°C en un régimen de 20 hrs a 1.75 volts por celda.

En ella se buscan los watts por celda que se requieren para un respaldo de 15 minutos. El valor superior más cercano se encuentra en el modelo UPS12-210MR. Se pueden multiplicar factores para modificar este valor y que consideran, entre otras, temperatura y edad de las baterías, sin embargo en este proyecto no se consideran porque las baterías estarán en condiciones controladas y bajo mantenimiento constante.

La empresa debe elegir entre las diferentes configuraciones disponibles, esto es un trabajo multidisciplinario que involucra considerar el presupuesto para el centro de datos, evaluar el costo y repercusiones de los tiempos de inactividad, la tolerancia al riesgo, requisitos de disponibilidad y tipos de cargas.

El cliente requiere redundancia en su servicio, por tanto la configuración por capacidad queda descartada.

El edificio cuenta con una sola acometida eléctrica, por lo que las configuraciones redundante distribuido y 2N, quedan descartadas. Los costos que implican estas configuraciones son muy altos al igual que su disponibilidad (McCarthy, 2004), pero se sale del presupuesto del cliente hacer este tipo de arreglos.

De las dos configuraciones restantes, se elige la redundante aislado porque es más económica que la redundante paralelo, que requiere un gabinete de “emparalelamiento”.

Es importante que se tenga un procedimiento de operación a la vista y claramente identificados los interruptores en el diagrama unifilar porque una mala operación en caso de mantenimiento puede ocasionar una falla trifásica pues se emparalelan dos fuentes de alimentación independientes

La estructura de respaldo queda representada en la imagen 11.

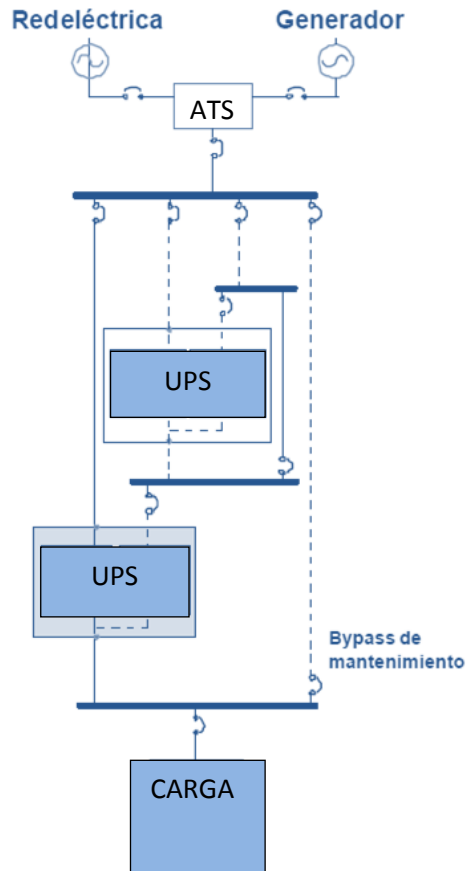


Imagen 11. Diseño del sistema Aislado Redundante.

Donde ATS es un Tablero de transferencia (Automatic Transfer Switch) y UPS es cada uno de los equipos de Alimentación Ininterrumpida.

Se muestra en las imágenes 12 y 13 el banco de baterías y los UPS



Imagen 12. Banco de Baterías.



Imagen 13. UPS

Se realizan pruebas para detectar falla a tierra o falla entre fases. Se realiza limpieza e inspección de los trabajos.

Se realizan pruebas de respaldo de la PGEE y UPS con carga por dos horas continuas. Se simulan fallas de los componentes para verificar la redundancia.

2.5 Resultados

Todo se encuentra debidamente señalado y conforme a la NOM-001-SEDE-2012. No existen fallas a tierra ni entre fases, se procede a realizar energización de las nuevas instalaciones.

Las pruebas de respaldo son satisfactorias, todos los sistemas operan correctamente. Se verifica la correcta operación de la redundancia. El diagrama unifilar final se encuentra en el anexo B.

Conclusiones

En este informe se muestra uno de los proyectos donde participé en el puesto de Ingeniero de servicio en la empresa Grupo VKW Ingeniería, el objetivo planteado al inicio de este escrito se cumplió. Se propuso, analizó y se hicieron los requerimientos para la instalación de un UPS que permite garantizar la continuidad del suministro eléctrico en un centro de datos. Todo se realizó en correlación con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 y conceptos de Ingeniería Eléctrica.

El garantizar el suministro de energía permitió al cliente aumentar su productividad, los tiempos de restablecimiento de servidores y servicios debido a fallas eléctricas, y con ello los costos implícitos a la pérdida de información, son cero, pues nunca se han presentado. La confiabilidad del sistema propuesto se ha mantenido al 100.0%,

La experiencia profesional es de suma importancia en el desarrollo individual y como complemento a los estudios de ingeniería, brinda las habilidades prácticas necesarias para desarrollar proyectos, enfrenta al profesionista a retos y contribuye con el desarrollo del país.

En lo particular, me permitió poner en práctica conocimientos de electricidad y magnetismo, dispositivos electrónicos, química, física, cálculos para diseño y evaluación de instalaciones eléctricas, planificación de proyectos, elaboración de metas, objetivos y planes de trabajo, máquinas eléctricas, electrónica de potencia y subestaciones.

La formación adquirida en la Facultad de Ingeniería sentó las bases para poder ampliar mis conocimientos tanto en las materias ya vistas como en otras áreas que tienen que ver con las relaciones interdisciplinarias, administración, desarrollo y evaluación de proyectos.

Glosario

A. ampere. Unidad de intensidad de corriente [A].

ATS. Tablero de Transferencia (Automatic Transfer Swtich).

AWG. Del inglés American Wire Gauge, que significa calibre de alambre americano (estadounidense).

Carga. Es la potencia instalada o demandada en un circuito eléctrico.

CFE. Comisión Federal de Electricidad.

IEC. Comisión Electrotécnica Internacional.

IEEE. Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

ITM. Interruptor termomagnético.

NOM. Norma Oficial Mexicana.

PGEE. Planta Generadora de Energía Eléctrica.

UPS. Del inglés “Uninterrupted Power Supply” que se traduce como alimentación de energía ininterrumpida, también se traduce como sistema de alimentación ininterrumpida. Cotidianamente se le da el nombre de “No Brake” (sin interrupción).

V. volt. Unidad de diferencia de potencial [V].

VA. Unidad de potencia aparente, generalmente va acompañada del prefijo *k* que denota mil unidades [kVA].

VRLA. (Valve Regulated Lead Acid). Es una batería de plomo-ácido con válvula regulada.

W. watt. Unidad de potencia real [W].

Bibliografía

ANSI/NFPA 111-1993 Práctica recomendada para sistemas de energía de emergencia y stand-by para aplicaciones industriales y comerciales. EUA.

Corona F. J. (2009). Técnicas de mantenimiento preventivo y correctivo del ups marca Toshiba (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

C&D Technologies Power Solutions (2005). *Data Sheet. Dynasty Battery High Rate*. EUA.

Dorf, R. C., Svoboda, J. A. (2003). *Circuitos Eléctricos (5)*. México: Alfaomega.

Griffith, D. C. (1989). *Uninterruptible Power Supplies: Power Conditioners for Critical Equipment*. USA: Marcel Dekker, Inc.

Grupo Schneider (2005). *Manual teórico-práctico de Instalaciones en Baja Tensión*. México

Harper G. E. (2000). *Guía Práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas industriales*. México: Limusa.

Harper G. E. (2005). *El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales*. México: Limusa.

IEC 60364. *Instalaciones eléctricas en edificios*. EUA.

IEEE Std 1187-1996. Práctica recomendada para la instalación diseño e instalación de baterías de válvula regulada plomo-ácido para aplicaciones estacionarias. EUA.

IEEE P1188-2005. Guía para el mantenimiento, pruebas, medición y reemplazo de baterías VRLA. EUA:

IEEE P1189-2005. Guía para la selección de baterías para aplicaciones estacionarias. EUA.

IEEE 446-1995. Práctica recomendada para sistemas de energía de emergencia y estacionaria para aplicaciones industriales y comerciales. EUA.

IEEE Std 485-1983. Práctica recomendada para dimensionamiento de acumuladores grandes de plomo para estaciones generadoras y subestaciones. EUA.

McCarthy, K. (2004). *Comparación de configuraciones de diseño de sistemas SAI*. Documento técnico n° 75 American Power Conversión. EUA

Mileaf, H. (1982). *Electricidad* (vol. 6). México: Limusa.

Mitsubishi Electric Power Products Inc. (2013) *Manual de Usuario. UPS Mitsubishi modelo 2033A*. EUA.

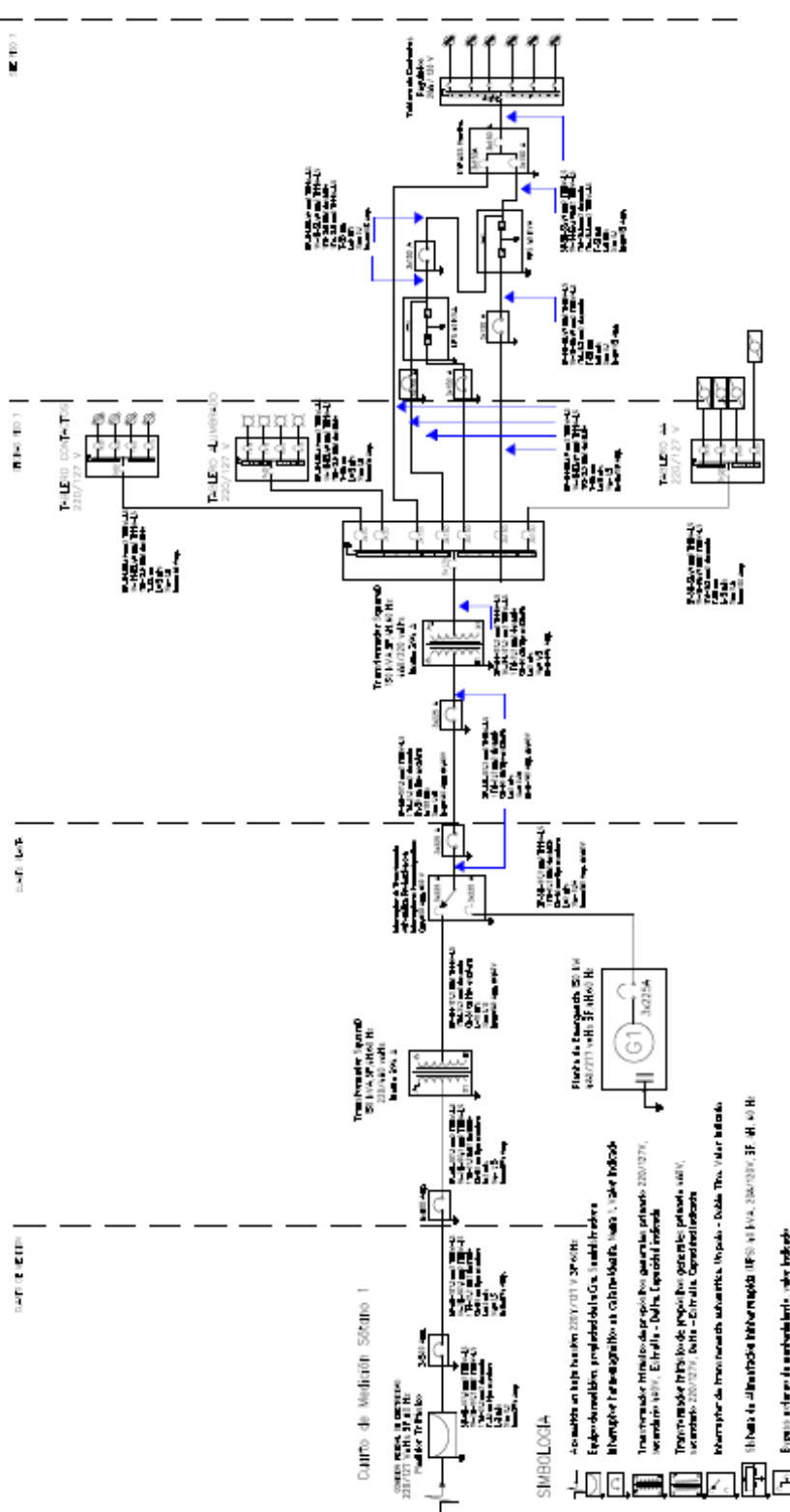
National Electric Code NFPA 70 (2012). EUA

Norma Oficial Mexicana para Instalaciones Eléctricas Utilización (2012). Diario Oficial de la Federación. México

Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (2004). Gaceta Oficial del Distrito Federal. México

Anexos

ANEXO B. DIAGRAMA UNIFILAR FINAL



CABINETE MEDICINA SCAPPO 1

SIMBOLOGIA

- Alimentación en alta tensión 220V/230V, 3F, 40 Hz.
- Transformador tipo SCAPPO, 220V/230V, 3F, 40 Hz.
- Lámpara tipo SCAPPO, 220V/230V, 3F, 40 Hz.
- Alimentación tipo SCAPPO, 220V/230V, 3F, 40 Hz.
- Panel de control tipo SCAPPO, 220V/230V, 3F, 40 Hz.
- Motor tipo SCAPPO, 220V/230V, 3F, 40 Hz.
- Interruptor tipo SCAPPO, 220V/230V, 3F, 40 Hz.
- Fusible tipo SCAPPO, 220V/230V, 3F, 40 Hz.
- Tierra tipo SCAPPO, 220V/230V, 3F, 40 Hz.

RESUMEN DE CARGA
 Carga instalada = 51,372 [VA] / 51,688 [VA]
 Carga demandada = 11,685 [VA] / 51,919 [VA]

GRUPO VEW INGENIERIA

RESUMEN DE CARGA

PROYECTO	RESUMEN DE CARGA
FECHA	15/05/2023
PROYECTANTE	ING. JUAN CARLOS VEW
REVISOR	ING. JUAN CARLOS VEW
APROBADO	ING. JUAN CARLOS VEW

ANEXO C. Artículo 240-6 de la NOM-001-SEDE-2012. Capacidades estandarizadas de fusibles e interruptores automáticos

a) Fusibles e interruptores automáticos de disparo fijo. Los valores de corriente normalizados para los fusibles e interruptores automáticos de circuito de tiempo inverso, son: 15, 16, 20, 25, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 60, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 y 6000 amperes. Los valores en amperes estandarizados adicionales para fusibles deben ser de 1, 3, 6, 10 y 601. Se permitirá el uso de fusibles e interruptores automáticos de tiempo inverso con valores en amperes no estandarizados.

b) Interruptores automáticos de disparo ajustable. La capacidad nominal de corriente de los interruptores automáticos de disparo ajustable que tengan medios externos para ajustar la corriente (ajuste de disparo de tiempo largo) que no cumplan los requisitos de (c), debe ser el valor máximo de ajuste posible.

c) Interruptores automáticos de disparo ajustable y acceso restringido. Se permitirá que un interruptor automático que tiene acceso restringido al medio de ajuste, tenga un valor nominal en amperes, que sea igual al ajuste de la corriente de disparo (ajuste de tiempo largo). El acceso restringido se debe definir como la ubicación detrás de alguno de los siguientes:

- (1) Cubiertas removibles y sellables sobre los medios de ajuste.
- (2) Puertas de la envolvente del equipo atornilladas.
- (3) Puertas con cerradura, accesibles solamente a personal calificado.

ANEXO D. Artículos 392-20.Instalación de cables y conductores y 392-80.Ampacidad de los conductores, de la NOM-001-SEDE-2012

392-20. Instalación de cables y conductores

c) Conectados en paralelo. Cuando los cables monoconductores que conforman cada fase, neutro o conductor puesto a tierra de un circuito de corriente alterna se conecten en paralelo, tal como lo permite 310-10(h), los conductores se deben instalar en grupos que consten de no más de un conductor por fase, neutro o conductor puesto a tierra, para evitar desequilibrios de corrientes en los conductores en paralelo debidas a la reactancia inductiva.

Los conductores individuales se deben atar y asegurar en grupos de circuitos, para evitar movimiento excesivo debido a las fuerzas magnéticas de la corriente de falla, a menos que los conductores individuales estén cableados conjuntamente, por ejemplo en ensambles de tres cables.

d) Conductores individuales. Cuando cualquiera de los conductores individuales instalados en una charola portacables tipo malla, de escalera o fondo ventilado sea del tamaño 53.5 mm^2 (1/0 AWG) hasta 107 mm^2 (4/0 AWG), todos los conductores individuales se deben instalar en una sola capa. Se permitirá que los conductores que están atados conjuntamente para abarcar cada grupo de un circuito, se instalen en forma diferente de una sola capa.

392-80. Ampacidad de los conductores

a) Ampacidad de cables de 2000 volts o menos, en charolas portacables

2) Cables de un solo conductor. La ampacidad permisible para cables de un solo conductor debe ser como lo permite 310-15(a)(2). Los factores de ajuste de 310-15(b)(3)(a) no se deben aplicar a la ampacidad de los cables en las charolas portacables. La ampacidad de los cables de un solo conductor o de los conductores individuales juntos (en grupos de tres conductores, cuatro conductores, etc.) de 2000 volts o menos, debe cumplir lo siguiente:

- a. Cuando estén instalados según los requisitos de 392-22(b), la ampacidad de los cables de un solo conductor de 304 mm^2 (600 kcmil) y mayores en charolas portacables sin cubiertas, no debe exceder el 75 por ciento de la ampacidad permisible de las Tablas 310-15(b)(17) y 310-15(b)(19). Cuando las charolas portacables estén cubiertas continuamente por más de 1.80 metros de cubiertas sólidas sin ventilación, la ampacidad para los cables de 304 mm^2 (600 kcmil) y más, no debe exceder el 70 por ciento de la ampacidad permisible de las Tablas 310-15(b)(17) y 310-15(b)(19).
- b. Cuando estén instalados según los requisitos de 392-22(b), la ampacidad de los cables de un solo conductor de 53.5 mm^2 (1/0 AWG) a 253 mm^2 (500 kcmil) en charolas sin cubiertas, no debe exceder el 65 por ciento de la ampacidad permisible de las Tablas 310-15(b)(17) y 310-15(b)(19). Cuando las charolas portacables estén cubiertas continuamente por más de 1.80 metros de tapas sólidas sin ventilación, la ampacidad para los cables de 53.5 mm^2 (1/0 AWG) a 253 mm^2 (500 kcmil) no debe exceder el 60 por ciento de la ampacidad permisible de las Tablas 310-15(b)(17) y 310-15(b)(19).
- c. Cuando se instalen conductores individuales en una sola capa en charolas portacables sin cubiertas, manteniendo una separación entre los conductores individuales no menor al diámetro de un cable entre los conductores individuales, la ampacidad de los cables de 53.5 mm^2 (1/0 AWG) y mayores no debe exceder la ampacidad permisible de las Tablas 310-15(b)(17) y 310-15(b)(19).

Excepción para (c): Para las charolas portacables de fondo sólido, la ampacidad de los cables de un solo conductor se debe determinar de acuerdo con 310-15(c).

- d. Cuando se instalen conductores individuales en configuración triangular o cuadrada en charolas portacables sin cubiertas, manteniendo un espacio de aire libre no menor a 2.15 veces el diámetro exterior del conductor más grande contenido en la configuración, entre las configuraciones de conductores o cables adyacentes, la ampacidad de los cables de 53.5 mm^2 (1/0 AWG) y mayores no debe exceder la ampacidad permisible de 2 ó 3 conductores individuales aislados de 0 a 2000 volts sostenidos en un mensajero, de acuerdo con 310-15(b).

ANEXO E

Tabla 4.- Dimensiones y porcentaje disponible para los conductores del área del tubo conduit (basado en la Tabla 1, de este Capítulo)

Artículo 358 – Tubo conduit no metálico (EMT)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
16	½	15.8	196	118	104	61	78
21	¾	20.9	343	206	182	106	137
27	1	26.6	556	333	295	172	222
35	1 ¼	35.1	968	581	513	300	387
41	1 ½	40.9	1314	788	696	407	526
53	2	52.5	2165	1299	1147	671	866
63	2 ½	69.4	3783	2270	2005	1173	1513
78	3	85.2	5701	3421	3022	1767	2280
91	3 ½	97.4	7451	4471	3949	2310	2980
103	4	110.1	9521	5712	5046	2951	3808

Artículo 362 – Tubo conduit no metálico (ENT)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
16	½	14.2	158	95	84	49	63
21	¾	19.3	293	176	155	91	117
27	1	25.4	507	304	269	157	203
35	1 ¼	34	908	545	481	281	363
41	1 ½	39.9	1250	750	663	388	500
53	2	51.3	2067	1240	1095	641	827
63	2 ½	—	—	—	—	—	—
78	3	—	—	—	—	—	—
91	3 ½	—	—	—	—	—	—

Artículo 348 – Tubo conduit metálico flexible (FMC)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
12	3/8	9.70	74	44	39	23	30
16	1/2	16.10	204	122	108	63	81
21	3/4	20.90	343	206	182	106	137
27	1	25.90	527	316	279	163	211
35	1 1/4	32.40	824	495	437	256	330
41	1 1/2	39.10	1201	720	636	372	480
53	2	51.80	2107	1264	1117	653	843
63	2 1/2	63.50	3167	1900	1678	982	1267
78	3	76.20	4560	2736	2417	1414	1824
91	3 1/2	88.90	6207	3724	3290	1924	2483
103	4	101	8107	4864	4297	2513	3243

Artículo 342 – Tubo conduit metálico semipesado (IMC)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
12	3/8	—	—	—	—	—	—
16	1/2	16.80	222	133	117	69	89
21	3/4	21.90	377	226	200	117	151
27	1	28.10	620	372	329	192	248
35	1 1/4	36.80	1064	638	564	330	425
41	1 1/2	42.70	1432	859	759	444	573
53	2	54.60	2341	1405	1241	726	937
63	2 1/2	64.90	3308	1985	1753	1026	1323
78	3	80.70	5115	3069	2711	1586	2046
91	3 1/2	93.20	6822	4093	3616	2115	2729
103	4	105.40	8725	5235	4624	2705	3490

Artículo 356 – Tubo conduit no metálico flexible hermético a los líquidos (LFNC-B*)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
12	¾	12.5	123	74	65	38	49
16	½	16.1	204	122	108	63	81
21	¾	21.1	350	210	185	108	140
27	1	26.8	564	338	299	175	226
35	1 ¼	35.4	984	591	522	305	394
41	1 ½	40.3	1276	765	676	395	510
53	2	51.6	2091	1255	1108	648	836

Corresponde a 356.2(2)

Artículo 356 – Tubo conduit no metálico flexible hermético a los líquidos (LFNC-A*)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
12	¾	12.6	125	75	66	39	50
16	½	16	201	121	107	62	80
21	¾	21	346	208	184	107	139
27	1	26.5	552	331	292	171	221
35	1¼	35.1	968	581	513	300	387
41	1½	40.7	1301	781	690	403	520
53	2	52.4	2157	1294	1143	669	863

Artículo 350 – Tubo conduit metálico flexible hermético a los líquidos (LFMC)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
12	¾	12.5	123	74	65	38	49
16	½	16.1	204	122	108	63	81
21	¾	21.1	350	210	185	108	140
27	1	26.8	564	338	299	175	226
35	1¼	35.4	984	591	522	305	394
41	1½	40.3	1276	765	676	395	510
53	2	51.6	2091	1255	1108	648	836
63	2½	63.3	3147	1888	1668	976	1259
78	3	78.4	4827	2896	2559	1497	1931
91	3½	89.4	6277	3766	3327	1946	2511
103	4	102.1	8187	4912	4339	2538	3275
129	5	—	—	—	—	—	—
155	6	—	—	—	—	—	—

Artículo 344 –Tubo conduit metálico pesado (RMC)

Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
12	¾	—	—	—	—	—	—
16	½	16.10	204	122	108	63	81
21	¾	21.20	353	212	187	109	141
27	1	27.00	573	344	303	177	229
35	1 ¼	35.40	984	591	522	305	394
41	1 ½	41.20	1333	800	707	413	533
53	2	52.90	2198	1319	1165	681	879
63	2 ½	63.20	3137	1882	1663	972	1255
78	3	78.50	4840	2904	2565	1500	1936
91	3 ½	90.70	6461	3877	3424	2003	2584
103	4	102.90	8316	4990	4408	2578	3326
129	5	128.90	13050	7830	6916	4045	5220
155	6	154.80	18821	11292	9975	5834	7528

Artículos 352 y 353 – Tubo conduit rígido de PVC (PVC), Cédula 40 y Conduit HDPE (HDPE)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
12	¾	—	—	—	—	—	—
16	½	15.3	184	110	97	57	74
21	¾	20.4	327	196	173	101	131
27	1	26.1	535	321	284	166	214
35	1¼	34.5	935	561	495	290	374
41	1½	40.4	1282	769	679	397	513
53	2	52	2124	1274	1126	658	849
63	2½	62.1	3029	1817	1605	939	1212
78	3	77.3	4693	2816	2487	1455	1877
91	3½	89.4	6277	3766	3327	1946	2511
103	4	101.5	8091	4855	4288	2508	3237
129	5	127.4	12748	7649	6756	3952	5099
155	6	153.2	18433	11060	9770	5714	7373

Artículo 352 – Tubo conduit rígido de PVC (PVC), Cédula 80							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
12	¾	—	—	—	—	—	—
16	½	13.40	141	85	75	44	56
21	¾	18.30	263	158	139	82	105
27	1	23.80	445	267	236	138	178
35	1¼	31.90	799	480	424	248	320
41	1½	37.50	1104	663	585	342	442
53	2	48.60	1855	1113	983	575	742
63	2½	58.20	2660	1596	1410	825	1064
78	3	72.70	4151	2491	2200	1287	1660
91	3½	84.50	5608	3365	2972	1738	2243
103	4	96.20	7268	4361	3852	2253	2907
129	5	121.10	11518	6911	6105	3571	4607
155	6	145.00	16513	9908	8752	5119	6605

Artículos 352 y 353 – Tubo conduit rígido de PVC (PVC), Cédula 40 y Conduit HDPE (HDPE)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
12	¾	—	—	—	—	—	—
16	½	15.3	184	110	97	57	74
21	¾	20.4	327	196	173	101	131
27	1	26.1	535	321	284	166	214
35	1¼	34.5	935	561	495	290	374
41	1½	40.4	1282	769	679	397	513
53	2	52	2124	1274	1126	658	849
63	2½	62.1	3029	1817	1605	939	1212
78	3	77.3	4693	2816	2487	1455	1877
91	3½	89.4	6277	3766	3327	1946	2511
103	4	101.5	8091	4855	4288	2508	3237
129	5	127.4	12748	7649	6756	3952	5099
155	6	153.2	18433	11060	9770	5714	7373

Artículo 352 – Tubo conduit rígido de PVC (PVC), Cédula 80							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
16	½	—	—	—	—	—	—
21	¾	—	—	—	—	—	—
27	1	—	—	—	—	—	—
35	1¼	—	—	—	—	—	—
41	1½	—	—	—	—	—	—
53	2	56.40	2498	1499	1324	774	999
63	2½	—	—	—	—	—	—
78	3	84.60	5621	3373	2979	1743	2248
91	3½	96.60	7329	4397	3884	2272	2932
103	4	108.90	9314	5589	4937	2887	3726
129	5	135.00	14314	8588	7586	4437	5726
155	6	160.90	20333	12200	10776	6303	8133

ANEXO F.

ARTICULO 392

CHAROLAS PORTACABLES

A. Generalidades

392-1. Alcance. Este Artículo trata de los sistemas de charolas portacables, incluidos los tipos escalera, canal ventilado, fondo ventilado, fondo sólido, tipo malla y otras estructuras similares.

392-2. Definición.

Sistema de charolas portacables. Unidad o ensamble de unidades o secciones con sus accesorios asociados, que forman un sistema estructural utilizado para asegurar o soportar cables y canalizaciones.

B. Instalación.

392-10. Usos permitidos. Se permitirá el uso de charolas portacables como sistema de soporte para conductores de acometida, alimentadores, circuitos derivados, circuitos de comunicaciones, circuitos de control y circuitos de señalización.

Las instalaciones de charolas portacables no se deben limitar a los establecimientos industriales. Cuando están expuestas a los rayos directos del sol, los conductores aislados y los cables con aislamiento y cubierta deben estar identificados como resistentes a la luz solar (SR). Las charolas portacables y accesorios asociados deben estar identificados para el uso previsto.

Todos los cables de energía y control para instalación en charolas portacables deben ser no propagadores de la flama e identificados para tal fin. El mercado CT contempla esta característica.

Tabla 392-10(a).- Métodos de alambrado

Método de alambrado	Artículo
Cable armado	320
Cable con forro no metálico	334
Cable de potencia limitada para charola	725
Cables monoconductores, multiconductores y control	310
Cable multiconductor de acometida	338
Cable multiconductor para alimentadores y circuitos derivados subterráneos	340
Cable para circuitos de alarma contra incendios de potencia no limitada	760
Cable para comunicaciones de banda ancha alimentados por una red	830
Cables con aislamiento mineral y cubierta metálica	332
Cables con armadura metálica	330
Cables de Clase 2 y Clase 3	725
Cables de fibra óptica	770
Cables de media tensión	328
Cables de fuerza y control para charola	336
Cables de instrumentación en charolas	727
Cables para circuitos de televisión con antena comunal (CATV)	820
Cables para comunicaciones	800
Cables para sistemas de alarma contra incendios de potencia limitada	760
Cables para sistemas de alarmas contra incendios	760
Canalización para señalización	725
Canalizaciones para comunicaciones	800
Canalizaciones para fibra óptica	770

Método de alambrado	Artículo
Otros cables multiconductores, de control, de señalización o de fuerza ensamblados en fábrica que están aprobados específicamente para su instalación en charolas portacables	
Tubo conduit metálico ligero tipo EMT	358
Tubo conduit no metálico tipo ENT	362
Tubo conduit metálico flexible ligero tipo FMT	360
Tubo conduit de policloruro de vinilo PVC	352
Tubo conduit de resina termofija reforzada tipo RTRC	355
Tubo conduit metálico flexible tipo FMC	348
Tubo conduit metálico flexible hermético a los líquidos tipo LFMC	350
Tubo conduit metálico semipesado tipo IMC	342
Tubo conduit metálico pesado tipo RMC	344
Tubo conduit no metálico flexible hermético a los líquidos tipo LFNC	356
Tubo conduit no metálico pesado tipo ENT	362

a) Métodos de alambrado. Se permitirán los métodos de alambrado de la Tabla 392-10(a) en sistemas de charolas portacables, en las condiciones establecidas en sus respectivos Artículos.

b) En establecimientos industriales. Se permitirá utilizar los métodos de instalación de la Tabla 392-10(a) en cualquier establecimiento industrial bajo las condiciones establecidas en sus respectivos Artículos. Sólo en instalaciones industriales, cuando las condiciones de supervisión y mantenimiento aseguren que el sistema de charolas portacables será atendido únicamente por personas calificadas, se permitirá instalar en charolas portacables tipo escalera, tipo malla, canal ventilado, fondo sólido o de fondo ventilado, cualesquiera de los cables especificados en (b)(1) y (b)(2) siguientes.

1) Se permitirá la instalación de cables de un conductor, de acuerdo con (b)(1)(a) hasta (b)(1)(c).

a. Un cable de un conductor debe ser de tamaño 21.2 mm^2 (4 AWG) o mayor y de un tipo aprobado y marcado en su superficie para uso en charolas portacables. Cuando se instalen en charolas de tipo escalera cables de un conductor de tamaño 21.2 mm^2 (4 AWG) hasta 107 mm^2 (4/0 AWG), la separación máxima permisible de los travesaños debe ser de 22.50 centímetros.

b. Los cables para máquina de soldar deben cumplir con las disposiciones del Artículo 630, Parte D.

c. Los conductores individuales usados como conductores de puesta a tierra del equipo deben ser aislados, recubiertos o desnudos, y deben ser de tamaño 21.2 mm^2 (4 AWG) o de mayor tamaño.

2) En media tensión los cables multiconductores y de un conductor deben ser cables de media tensión. Los conductores individuales se deben instalar de acuerdo con el inciso (1) anterior.

c) En lugares peligrosos (clasificados). Las charolas portacables ubicadas en lugares peligrosos (clasificados) sólo deben contener los tipos de cables permitidos por otros Artículos en esta NOM.

d) Charolas portacables no metálicas. Además de los usos permitidos en cualquier parte de 392-10, se permitirá utilizar charolas portacables no metálicas en áreas corrosivas y en las que se requiera aislamiento de tensión.

392-12. Usos no permitidos. No se deben utilizar sistemas de charolas portacables en los fosos de los ascensores o donde puedan estar sujetos a daños físicos.

392-18. Instalación de charolas portacables.

a) Sistema completo. Las charolas portacables se deben instalar como un sistema completo. Si se hacen curvas o modificaciones durante la instalación de un sistema de charolas metálico, se deben hacer de manera que se mantenga la continuidad eléctrica del sistema de charola portacables y el soporte de los cables. Se permitirá que los sistemas de charolas portacables tengan segmentos mecánicamente discontinuos entre tramos de charolas portacables o entre tramos de charolas portacables y los equipos.

b) Terminado antes de la instalación. Cada tramo de la charola portacables debe estar terminado antes de la instalación de los cables.

c) Cubiertas. En las partes o tramos en los que se requiera mayor protección, se deben instalar cubiertas o envolventes que proporcionen la protección requerida y que sean de un material compatible con el de la charola portacables.

d) A través de paredes y divisiones. Se permitirá que las charolas portacables se prolonguen transversalmente a través de paredes y divisiones o verticalmente a través de pisos y plataformas en lugares mojados o secos cuando las instalaciones, completas con los cables instalados, se realicen de acuerdo con los requisitos de 300-21.

e) Expuestas y accesibles. Las charolas portacables deben estar expuestas y accesibles, excepto lo permitido por 392-18(d).

f) Acceso adecuado. Alrededor de las charolas portacables se debe dejar y mantener un espacio suficiente que permita el acceso adecuado para la instalación y mantenimiento de los cables.

g) Canalizaciones, cables y cajas soportados por el sistema de charolas portacables. En instalaciones industriales, cuando las condiciones de supervisión y mantenimiento aseguren que el sistema de charolas portacables es atendido únicamente por personas calificadas y el sistema de charolas portacables esté diseñado e instalado de modo que puedan soportar la carga, se permitirá que tales sistemas soporten las canalizaciones, cables, cajas especificados en 314-1.

Para la terminación de las canalizaciones en la charola, se debe utilizar una abrazadera aprobada para cable en charola o un adaptador para sujetar firmemente la canalización al sistema de la charola portacables. El soporte y la sujeción adicionales de la canalización deben estar acordes con los requisitos del Artículo correspondiente a la canalización. Para canalizaciones o cables tendidos en paralelo, y fijos a la parte inferior o lateral de un sistema de charola portacables, el soporte y la sujeción deberá cumplir los requisitos del Artículo apropiado sobre la canalización o cable.

Para cajas fijas a la parte inferior o lateral de un sistema de charola portacables, el soporte y la sujeción deben estar de acuerdo con los requisitos de 314-23.

h) Marcado. En las charolas portacables que contienen conductores con una tensión de más de 600 volts, debe haber señales permanentes y legibles de advertencia en las que se indique el siguiente texto: “**PELIGRO – ALTA TENSION – MANTENGASE ALEJADO**”, colocadas en un lugar fácilmente visible en las charolas portacables. El espaciamiento de las señales de advertencia no debe exceder 3.00 metros.

i) Tuberías con servicios no eléctricos en proximidad a los soportes tipo charola. Ver la Sección 300-8. La separación entre soportes tipo charola y otras tuberías con servicios no eléctricos, no debe ser menor que 60 centímetros.

392-20. Instalación de cables y conductores

a) Cables multiconductores de 600 volts o menos. En la misma charola portacables se permitirá instalar cables multiconductores de 600 volts o menos.

b) Cables de más de 600 volts. Los cables de más de 600 volts y aquellos de 600 volts o menos, instalados en la misma charola portacables, deben cumplir con cualquiera de las siguientes condiciones:

- (1) Los cables para tensiones de más de 600 volts son del tipo MC.
- (2) Los cables para tensiones de más de 600 volts están separados de los cables de 600 volts o menos, por una barrera sólida fija de un material compatible con la charola portacables.

c) Conectados en paralelo. Cuando los cables monoconductores que conforman cada fase, neutro o conductor puesto a tierra de un circuito de corriente alterna se conecten en paralelo, tal como lo permite 310-10(h), los conductores se deben instalar en grupos que consten de no más de un conductor por fase, neutro o conductor puesto a tierra, para evitar desequilibrios de corrientes en los conductores en paralelo debidas a la reactancia inductiva.

Los conductores individuales se deben atar y asegurar en grupos de circuitos, para evitar movimiento excesivo debido a las fuerzas magnéticas de la corriente de falla, a menos que los conductores individuales estén cableados conjuntamente, por ejemplo en ensambles de tres cables.

d) Conductores individuales. Cuando cualquiera de los conductores individuales instalados en una charola portacables tipo malla, de escalera o fondo ventilado sea del tamaño 53.5 mm² (1/0 AWG) hasta 107 mm² (4/0 AWG), todos los conductores individuales se deben instalar en una sola capa. Se permitirá que los conductores que están atados conjuntamente para abarcar cada grupo de un circuito, se instalen en forma diferente de una sola capa.

392-22. Número de cables o conductores.

a) Número de cables multiconductores de 2000 volts o menos, en charolas portacables. El número de cables multiconductores de 2000 volts o menos, permitidos en una sola charola portacables, no debe exceder lo establecido en esta sección. Los tamaños de los conductores que se indican, se aplican tanto a conductores de cobre como de aluminio.

Tabla 392-22(a).- Area de ocupación permisible para cables multiconductores en charolas portacables de tipo escalera, fondo ventilado, tipo malla o fondo sólido para cables de 2000 volts o menos.

Ancho interior de la charola portacables cm	Area de ocupación máxima permisible para cables multiconductores			
	Charolas portacables tipo escalera, tipo malla o fondo ventilado, 392-22(a)(1)		Charolas portacables tipo fondo sólido, 392-22(a)(3)	
	Columna 1 Aplicable sólo por 392-22(a)(1)(b) mm ²	Columna 2 ^a Aplicable sólo por 392-22(a)(1)(c) mm ²	Columna 3 Aplicable sólo por 392-22(a)(3)(b) mm ²	Columna 4 ^a Aplicable sólo por 392-22(a)(3)(c) mm ²
5	1 500	1 500 - (30 Sd)	1 200	1 200 - (30 Sd)
10	3 000	3 000 - (30 Sd)	2 300	2 300 - (30 Sd)
15	4 500	4 500 - (30 Sd)	3 500	3 500 - (30 Sd)
20	6 000	6 000 - (30 Sd)	4 500	4 500 - (30 Sd)
22.5	6 800	6 800 - (30 Sd)	5 100	5 100 - (25 Sd)
30	9 000	9 000 - (30 Sd)	7 100	7 100 - (25 Sd)
40	12 000	12 000 - (30 Sd)	9 400	9 400 - (30 Sd)
45	13 500	13 500 - (30 Sd)	10 600	10 600 - (25 Sd)
50	15 000	15 000 - (30 Sd)	11 800	11 800 - (30 Sd)
60	18 000	18 000 - (30 Sd)	14 200	14 200 - (25 Sd)
75	22 500	22 500 - (30 Sd)	17 700	17 700 - (25 Sd)
90	27 000	27 000 - (30 Sd)	21 300	21 300 - (25 Sd)

1) Charolas portacables tipo escalera, tipo malla o fondo ventilado que contiene cualquier combinación de cables. Cuando una charola portacables de escalera, malla o fondo ventilado contenga cables multiconductores de fuerza o de alumbrado o cualquier combinación de cables multiconductores de fuerza, alumbrado, control y señalización, el número máximo de cables debe cumplir con lo siguiente:

- a. Si todos los cables son de tamaño 107 mm^2 (4/0 AWG) o más grandes, la suma de los diámetros de todos los cables no debe exceder el ancho de la charola y los cables deben ir instalados en una sola capa. Cuando la ampacidad del cable está determinada de acuerdo con 392-80(a)(1)(c), el ancho de la charola portacables no debe ser menor a la suma de los diámetros de los cables y la suma de los anchos de las separaciones exigidas entre los cables.
- b. Si todos los cables son de tamaño menor a 107 mm^2 (4/0 AWG), la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables no debe exceder el área de ocupación máxima de cables permitida en la columna 1 de la Tabla 392-22(a), para el ancho correspondiente de la charola portacables.
- c. Si en la misma charola portacables se instalan cables de tamaño 107 mm^2 (4/0 AWG) o mayores, con cables de tamaño menor que 107 mm^2 (4/0 AWG), la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables inferiores al 107 mm^2 (4/0 AWG) no debe exceder el área de ocupación máxima permisible resultante del cálculo de la columna 2 de la Tabla 392-22(a), para el ancho apropiado de la charola. Los cables de tamaño 107 mm^2 (4/0 AWG) y más grandes se deben instalar en una sola capa y no se deben colocar otros cables sobre ellos.

2) Charolas portacables de escalera, malla o fondo ventilado que contienen cables multiconductores de control y/o señalización únicamente. Cuando una charola portacables de escalera, malla o fondo ventilado, con una profundidad interior útil de 15 centímetros o menos, contenga sólo cables multiconductores de control y/o señalización, la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables en cualquier sección transversal no debe exceder el 50 por ciento del área de la sección transversal interior de dicha charola. Se debe usar una profundidad de 15 centímetros para calcular el área de la sección interior permisible de cualquier charola portacables que tenga una profundidad interior útil de más de 15 centímetros.

3) Charolas portacables de fondo sólido que contienen cualquier combinación de cables. Cuando haya charolas portacables de fondo sólido con cables multiconductores de fuerza o alumbrado o cualquier combinación de cables multiconductores de fuerza, alumbrado, señales y control, el número máximo de cables debe cumplir con lo siguiente:

- a. Si todos los cables son del 107 mm^2 (4/0 AWG) o mayores, la suma de los diámetros de todos los cables no debe exceder el 90 por ciento del ancho de la charola y los cables deben estar instalados en una sola capa.
- b. Si todos los cables son de menos tamaño de 107 mm^2 (4/0 AWG), la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables no debe exceder el área de ocupación máxima de cables permitida en la columna 3 de la Tabla 392-22(a), para el ancho apropiado de la charola.
- c. Si en la misma charola se instalan cables de tamaño 107 mm^2 (4/0 AWG) o más grandes, con cables de menor tamaño de 107 mm^2 (4/0 AWG), la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables de tamaño menor de 107 mm^2 (4/0 AWG) no debe exceder el área de ocupación máxima permitida resultante del cálculo de la columna 4 de la Tabla 392-22(a), para el ancho correspondiente de la charola. Los cables del 107 mm^2 (4/0 AWG) y más grandes se deben instalar en una sola capa y no se deben colocar otros cables sobre ellos.

4) Charolas de fondo sólido que contienen cables multiconductores de control y/o señalización solamente. Cuando una charola portacables de fondo sólido, con una profundidad interior útil de 15 centímetros o menos, contenga sólo cables multiconductores de control y/o señalización, la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables en cualquier sección transversal de la charola no debe exceder el 40 por ciento del área de la sección transversal interior de dicha charola. Se debe usar una profundidad de 15 centímetros para calcular el área máxima de la sección interior permisible de cualquier charola portacables que tenga una profundidad interior útil de más de 15 centímetros.

5) Charolas portacables de canal ventilado que contienen cables multiconductores de cualquier tipo. Cuando las charolas portacables de canal ventilado contengan cables multiconductores de cualquier tipo, se debe aplicar lo siguiente:

- a. Cuando se instale solamente un cable multiconductor, el área de su sección transversal no debe exceder el valor especificado en la columna 1 de la Tabla 392-22(a)(5).
- b. Cuando se instale más de un cable multiconductor, la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables no debe exceder el valor especificado en la columna 2 de la Tabla 392-22(a)(5)

6) Charolas portacables de canal sólido. Cuando las charolas portacables de canal sólido contengan cables multiconductores de cualquier tipo, se debe aplicar lo siguiente:

- a. Cuando se instale solamente un cable multiconductor, el área de su sección transversal no debe exceder el valor especificado en la columna 1 de la Tabla 392-22(a)(6).
- b. Cuando se instale más de un cable multiconductor, la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables no debe exceder el valor especificado en la columna 2 de la Tabla

Tabla 392-22(a)(5).- Área de ocupación permisible para cables multiconductores en charolas portacables de canal ventilado para cables de 2000 volts o menos

Ancho interior de la charola	Área de ocupación máxima permisible para cables multiconductores	
	Columna 1	Columna 2
	Un sólo cable	Más de un cable
cm	mm ²	mm ²
7.5	1500	850
10	2900	1600
15	4500	2450

b) Número de cables de un solo conductor de 2000 volts o menos en charolas portacables.

El número de cables de un solo conductor de 2000 volts o menos, permitidos en una sola sección de una charola portacables, no debe exceder los requisitos de esta sección. Los conductores individuales o los ensambles de conductores se deben distribuir uniformemente a lo ancho de toda la charola. Los tamaños de los conductores, se aplican tanto a conductores de cobre como de aluminio.

1) Charolas portacables de tipo escalera o de fondo ventilado. Cuando una charola portacables tipo malla, de escalera o de fondo ventilado contenga cables de un solo conductor, el número máximo de dichos cables debe cumplir los siguientes requisitos:

- a. Si todos los cables son de 507 mm² (1000 kcmil) o mayores, la suma de los diámetros de todos los cables de un solo conductor no debe exceder el ancho de la charola y todos los cables se deben instalar en una sola capa. Se permitirá que los conductores que están atados conjuntamente para abarcar cada grupo de un circuito, se instalen en forma diferente de una sola capa.
- b. Si todos los cables son de 127 mm² (250 kcmil) hasta 456 mm² (900 kcmil), la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables de un solo conductor, no debe exceder el área de ocupación máxima permitida en la columna 1 de la Tabla 392-22(b)(1) para el ancho correspondiente de la charola.
- c. Si se instalan en la misma charola cables de un solo conductor de 507 mm² (1000 kcmil) o mayores con cables de un solo conductor menores a 507 mm² (1000 kcmil), la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables menores a 507 mm² (1000 kcmil) no debe exceder el área de ocupación máxima permisible resultante del cálculo de la columna 2 de la Tabla 392-22(b)(1) para el ancho correspondiente de la charola.
- d. Cuando cualquiera de los cables de un solo conductor instalados sea de 21.2 mm² (4 AWG) hasta 107 mm² (4/0 AWG), la suma de los diámetros de todos los cables de un solo conductor no debe exceder el ancho de la charola.

Tabla 392-22(b)(1).- Área de ocupación permisible para cables de un solo conductor en charolas portacables de tipo escalera, fondo ventilado o malla ventilada para cables de 2000 volts o menos

Ancho interior de la charola portacables	Área de ocupación máxima permisible para cables multiconductores Charolas portacables tipo escalera o fondo ventilado	
	Columna 1 Aplicable sólo por 392-22(b)(1)(b)	Columna 2a Aplicable sólo por 392-22(b)(1)(c)
Centímetros	mm²	mm²
5	1 400	1 400 - (28 Sd)
10	2 800	2 800 - (28 Sd)
15	4 200	4 200 - (28 Sd)
20	5 600	5 600 - (28 Sd)
22.5	6 100	6 100 - (28 Sd)
30	8 400	8 400 - (28 Sd)
40	11 200	11 200 - (28 Sd)
45	12 600	12 600 - (28 Sd)
50	14 000	14 000 - (28 Sd)
60	16 800	16 800 - (28 Sd)
75	21 000	21 000 - (28 Sd)
90	25 200	25 200 - (28 Sd)

^a Se deben calcular las áreas de ocupación máxima permisible de las columnas 2. Por ejemplo, la ocupación máxima permisible, en milímetros cuadrados, para una charola portacables de 15 centímetros de ancho en la columna 2, debe ser 4200 menos (28 multiplicado por Sd). El término Sd de las columnas 2 es la suma de los diámetros, en milímetros, de todos los cables individuales de 507 mm² y más mayores instalados en la misma charola con cables más pequeños.

2) Charolas de canal ventilado. Cuando una charola portacables de canal ventilado de 5, 7.50, 10 o 15 centímetros de ancho contenga cables de un solo conductor, la suma de los diámetros de todos los cables de un solo conductor no debe exceder el ancho interior del canal.

c) Número de cables de media tensión y tipo MC (más de 2000 volts) en charolas portacables. El número de cables de más de 2000 volts permitido en una sola charola portacables no debe exceder los requisitos de esta sección.

La suma de los diámetros de los cables de un solo conductor y multiconductores no debe exceder el ancho de la charola portacables y los cables deben estar instalados en una sola capa. Cuando los cables de un solo conductor vayan en grupos de tres conductores o cuatro conductores o atados formando grupos por circuitos, la suma de los diámetros de los conductores individuales no debe exceder el ancho de la charola portacables y estos grupos se deben instalar en un sola capa.

392-30. Sujeción y soporte.

a) Charolas portacables. Las charolas portacables se deben soportar a intervalos definidos en las instrucciones de instalación.

b) Cables y conductores. Los cables y conductores deben ser asegurados y soportados por el sistema de charolas portacables de acuerdo con (1), (2) y (3), según se aplique.

- (1) En tramos distintos de los horizontales, los cables se deben sujetar y asegurar firmemente a los miembros transversales de las charolas.

392-30. Sujeción y soporte.

a) Charolas portacables. Las charolas portacables se deben soportar a intervalos definidos en las instrucciones de instalación.

b) Cables y conductores. Los cables y conductores deben ser asegurados y soportados por el sistema de charolas portacables de acuerdo con (1), (2) y (3), según se aplique.

- (1) En tramos distintos de los horizontales, los cables se deben sujetar y asegurar firmemente a los miembros transversales de las charolas.
- (2) Se proporcionarán soportes para evitar la tensión en los cables cuando entran en canalizaciones desde los sistemas de charolas portacables.
- (3) El sistema debe ofrecer soporte a los métodos de alambrado de canalizaciones y cables según lo establecido en sus correspondientes Artículos. Cuando las charolas portacables soportan conductores individuales y cuando los conductores pasan de una charola portacables a otra, o de una charola portacables a canalizaciones o equipos en donde los conductores terminan, la distancia de soporte entre las charolas portacables o entre la charola portacables y la canalización o el equipo no debe ser mayor de 1.80 metros. Los conductores se deben asegurar a la charola portacables en la transición y se deben proteger de daño físico mediante un dispositivo de protección o una ubicación adecuada

392-46. Tubo conduit y tubería con pasacables. No se exigirá la instalación de una caja, cuando los cables o conductores estén instalados en tubo conduit o tuberías con pasacables utilizados para soporte o protección contra daños físicos.

392-56. Empalmes de cables. Se permitirá que dentro de una charola portacables haya empalmes hechos y aislados con métodos aprobados, siempre que sean accesibles. Se permitirá que los empalmes sobresalgan por encima de los peraltes cuando no estén sometidos a daño físico.

392-60. Puesta a tierra y unión.

a) Charolas portacables metálicas. Se permitirá utilizar las charolas portacables metálicas como conductores de puesta a tierra de los equipos, cuando la supervisión y el mantenimiento continuo aseguren que personas calificadas atenderán al sistema instalado de charolas portacables y las charolas portacables cumplen con las disposiciones de esta sección. Las charolas portacables metálicas que soporten conductores eléctricos se deben poner a tierra tal como se exige para los envolventes de conductores en 250-96 y la Parte D del Artículo 250. Las charolas portacables metálicas que contienen solamente conductores que no sean de fuerza deben ser eléctricamente continuas a través de las conexiones aprobadas o el uso de un puente de unión no menor a 5.26 mm^2 (10 AWG).

NOTA: Ejemplos de conductores que no sean de fuerza incluyen los cables de fibra óptica no conductores y los circuitos de Clase 2 y Clase 3 de control remoto, señalización y de potencia limitada.

392-60. Puesta a tierra y unión.

a) Charolas portacables metálicas. Se permitirá utilizar las charolas portacables metálicas como conductores de puesta a tierra de los equipos, cuando la supervisión y el mantenimiento continuo aseguren que personas calificadas atenderán al sistema instalado de charolas portacables y las charolas portacables cumplen con las disposiciones de esta sección. Las charolas portacables metálicas que soporten conductores eléctricos se deben poner a tierra tal como se exige para los envolventes de conductores en 250-96 y la Parte D del Artículo 250. Las charolas portacables metálicas que contienen solamente conductores que no sean de fuerza deben ser eléctricamente continuas a través de las conexiones aprobadas o el uso de un puente de unión no menor a 5.26 mm^2 (10 AWG).

NOTA: Ejemplos de conductores que no sean de fuerza incluyen los cables de fibra óptica no conductores y los circuitos de Clase 2 y Clase 3 de control remoto, señalización y de potencia limitada.

Tabla 392-60(a).- Requisitos de área de metal para charolas portacables utilizadas como conductores de puesta a tierra de equipos

Valor máximo nominal de los fusibles, ajuste de disparo de los interruptores automáticos o del relevador protector del circuito, o ajuste de disparo para protección contra fallas a tierra de cualquier cable del circuito en un sistema de charola portacables.	Área de la sección transversal mínima de la parte metálica ^a	
	Charolas portacables de acero	Charolas portacables de aluminio
amperes	mm ²	
60	129	129
100	258	129
200	451.5	129
400	645	258
600	967.5 ^b	258
1000	—	387
1200	—	645
1600	—	967.5
2000	—	1290

^a Área de la sección transversal total de los dos peraltes de las charolas tipo escalera o charolas portacables con fondo, o área de la sección transversal mínima del metal en las charolas de canal o las construidas de una pieza.

^b No se deben utilizar charolas portacables de acero como conductores de puesta a tierra de los equipos en los circuitos con protección contra falla a tierra mayor a 600 amperes. No se deben utilizar charolas portacables de aluminio como conductores de puesta a tierra de los equipos en los circuitos con protección contra falla a tierra mayor a 2000 amperes.

b) Sistemas de charolas portacables de acero o aluminio. Se permitirá utilizar como conductor de puesta a tierra de equipos las charola portacables de acero o aluminio, siempre que se cumplan todos los siguientes requisitos:

- (1) Las secciones de la charola portacables y los accesorios están identificados como conductor de puesta a tierra de equipos.
- (2) El área mínima de la sección transversal de la charola portacables debe cumplir con los requisitos de la Tabla 392-60(a).
- (3) Todas las secciones de la charola portacables y los accesorios deben estar marcados de manera legible y duradera, indicando el área de la sección transversal de la charola metálica de canal o las charolas portacables de una pieza, y el área de la sección transversal total de ambos peraltes en las charolas de tipo escalera o de fondo.
- (4) Las secciones de una charola portacables, los accesorios y las canalizaciones conectadas están unidas, según lo establecido en 250-96, usando conectores metálicos atornillados o puentes de unión dimensionados e instalados según los requisitos de 250-102.

c) Transiciones. Cuando los sistemas de charolas portacables son mecánicamente discontinuos, según se permite en 392-18(a), un puente de unión dimensionado de acuerdo con 250-102, debe conectar las dos secciones de charola portacables o la charola portacables y la canalización o el equipo. La unión se debe hacer de acuerdo con 250-96.

C. Especificaciones de construcción

392-100. Construcción

a) Resistencia y rigidez. Las charolas portacables deben tener resistencia y rigidez suficientes para ofrecer un soporte adecuado a todos los cables instalados en ellas.

b) Bordes lisos. Las charolas portacables no deben tener bordes afilados, rebabas ni salientes que puedan dañar el aislamiento o la cubierta del alambrado.

c) Protección contra la corrosión. Los sistemas de charolas portacables deben ser de un material resistente a la corrosión. Si son de un material ferroso, el sistema debe estar protegido contra la corrosión, tal como se exige en 300-6.

d) Peralte. Las charolas portacables deben tener peraltes u otros miembros estructurales equivalentes.

e) Accesorios. Las charolas portacables deben incluir accesorios u otros medios adecuados para poder cambiar la dirección y elevación de los tramos.

f) Charolas portacables no metálicas. Las charolas portacables no metálicas deben estar hechas de material resistente a la propagación del fuego.