



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UN DATA CENTER”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO

PRESENTAN:

GARCÍA TORRES MARCO ANTONIO

LÓPEZ LÓPEZ LUIS

SÁNCHEZ RAMÍREZ SELESTINO

DIRECTOR DE TESIS:

ING. GUILLERMO LÓPEZ MONROY

MÉXICO, CIUDAD UNIVERSITARIA. 2015.



ÍNDICE

Introducción.

Capítulo 1. Antecedentes.

Capítulo 2. Centro de datos y equipos.

2.1. Concepto de centro de datos.

2.1.1. Importancia en las empresas.

2.1.2. Tipos de centros de datos por servicio provisto.

2.2. Clasificación de los centros de datos por confiabilidad.

2.2.1. Clasificación Tier de los data center.

2.2.1.1. Tier I. Centro de datos básico.

2.2.1.2. Tier II. Centro de datos redundante.

2.2.1.3. Tier III. Centro de datos concurrentemente mantenible.

2.2.1.4. Tier IV. Centro de datos con tolerante a fallas.

2.2.2. Clasificación Icrea de los data center.

2.2.2.1. Icrea nivel 1.

2.2.2.2. Icrea nivel 2.

2.2.2.3. Icrea nivel 3.

2.2.2.4. Icrea nivel 4.

2.2.2.5. Icrea nivel 5.

2.3. Funcionamiento de los centro de datos.

2.4. Concepto de comunicaciones.

2.4.1. Medios alámbricos.

2.4.1.1. Par trenzado.

2.4.1.2. Cable coaxial.

2.4.2. Fibra óptica.

Capítulo 3. Implementación del centro de datos.

3.1. Diseño arquitectónico.

3.2. Diseño civil.



3.3. Diseño mecánico.

3.4. Requerimientos previos al diseño eléctrico.

3.4.1. Selección del generador.

3.4.2. Alumbrado de emergencia.

3.4.3. Respaldo con sistema UPS (uninterruptible power supply).

3.4.4. Uso de unidades DPU.

3.4.5. Puesta a tierra.

Capítulo 4. Equipamiento eléctrico.

4.1. Transformador

4.2. Planta de emergencia.

4.3. Tablero de transferencia.

4.4. Tableros eléctricos.

4.5. UPS (uninterruptible power supply).

4.6. Banco de baterías.

4.5. PDU.

Capítulo 5. Climatización de centros de datos.

5.1. Equipamiento de aire acondicionado.

Capítulo 6. Implementación eléctrica y de aire acondicionado del data center.

6.1. Necesidades de implementación de un data center.

6.2. Filosofía de operación.

6.3. Dimensionamiento de equipo eléctrico.

6.3.1. Transformador principal.

6.3.2. Planta de emergencia.

6.3.3. Tanque de combustible.

6.3.4. Tablero general.

6.3.5. UPS.

6.4. Aire acondicionado.

6.4.1. Carga térmica generada por los equipos.



6.4.2. Carga térmica generada por equipo ups.

Capítulo 7. Diseño de las instalaciones eléctricas.

7.1. Instalación eléctrica para la sala de ups en un data center.

7.1.1. Cálculo del alimentador eléctrico para equipos de comunicación en el site.

7.1.2. Cálculo del alimentador eléctrico para un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) en el site.

7.2. Instalación eléctrica para el equipo de aire acondicionado en un data center.

7.2.1. Cálculo del alimentador eléctrico para equipos de aire acondicionado en el site.

7.3. Instalación eléctrica para la sala de fuerza en un data center.

7.3.1. Cálculo del alimentador eléctrico para el centro de control de motores generales en un data center.

7.3.2. Cálculo del alimentador eléctrico para el sistema de alumbrado en un data center.

7.3.3. Cálculo del alimentador eléctrico para el sistema de contactos en un data center.

7.3.4. Cálculo del alimentador eléctrico para el tablero general en un data center.

Capítulo 8. Diseño de sistema de puesta a tierra.

8.1 Sistema de tierra aislado.

8.2 Sala de fuerza

8.3 Sistema de protección contra descargas atmosféricas

Glosario.

Conclusiones.

Bibliografía.



INTRODUCCIÓN.

El intercambio de información, la comunicación, siempre ha sido una de las principales necesidades de la humanidad, desde los tiempos remotos que se tiene conocimiento hasta nuestros días. Hoy en día, aun cuando la tecnología avanza a pasos agigantados y la comunicación entre las personas ha experimentado grandes cambios, el intercambio de información no ha mermado su importancia si no que al contrario ha cobrado tal relevancia que muchas personas, empresas, corporaciones, etc. han invertido muchos de sus recursos en la infraestructura, destinada al procesamiento de la información. Y con toda la información que día a día inundan la sociedad se muestra la necesidad de un control y administración eficientes de la misma; las estaciones de trabajo han encontrado una solución a esta fuerte demanda, a la que han llamado “Centro de Procesamiento de datos” o simplemente “Centro de Datos”.

Qué físicamente es una gran sala o edificio, cuya finalidad es el resguardo de equipamiento electrónico destinado a procesar toda la información por objeto, como lo pueden ser: servidores, sistemas de almacenamiento de datos, equipos para comunicaciones, gabinetes para soportar los equipos, conmutadores, firewalls, routers, El tamaño, y número de centros de datos, así como el equipo dependerá de la entidad, ya que cada elemento cumple funciones específicas delimitadas por la propia entidad. Entiéndase por entidad aquella organización, empresa o corporativo; donde sin importar cuál sea su ámbito de trabajo, necesitan de un lugar donde llevar a cabo el procesamiento y administración de su información, sea pública o privada. Las características de cada uno de sus centros de datos serán marcadas por las necesidades de cada lugar en específico.

El centro de datos es una parte fundamental de la entidad de trabajo, llegando a ser tan imprescindible su funcionamiento que existen grandes corporaciones de trabajo



que simplemente paran sus actividades cuando tienen fallas en sus centros de datos; reflejado esto, como pérdidas económicas, donde la magnitud varía de acuerdo a las actividades realizadas.

Así mismo características como accesos, vigilancia, monitoreo, sistemas contra incendio, protección de agentes contaminantes, puertas de protección, sistemas de copias de seguridad, señalizaciones, dependerán de las actividades de la entidad de trabajo.

Los factores más importantes que caracteriza a un centro de datos, es garantizar el servicio, la continuidad del mismo, la disponibilidad con sus clientes, empleados, proveedores, en general cualquier persona que dependa de la operación del centro. Uno de los factores, ya mencionados y del cual es el centro de estudio del presente trabajo es *“la continuidad del servicio”*. Actualmente las reglas y normas que gobierna las características para valorar el nivel de disponibilidad del centro de datos se encuentran reunidas en el estándar TIA-942. Que es la normatividad vigente e incluye los 4 tipos de distintos grados de disponibilidad del servicio e infraestructura de un centro de datos. Este concepto sirve para ratificar el grado de redundancia que existe en los sistemas de operación.

Hablar de continuidad del servicio, implica tomar en cuenta muchos factores, los cuales por su relevancia y objetivo del presente trabajo, los hemos separado para tratarlos de manera objetiva, aunque todos ellos en conjunto forman parte del centro de datos.

Existen elementos que nos ayudan, no ha estar exentos de cualquier fallo o corte de energía, pero si a elevar de manera muy considerable la confiabilidad del sistema. Los elementos que componen un centro de datos es: el sistema de refrigeración, sistemas de energía ininterrumpible, tableros eléctricos, canalizaciones eléctricas, PDU's, sistemas de generación de energía eléctrica, sistemas de alumbrado. Todos ellos tienen algo en común, cuyo objeto de estudio



se muestra en el presente escrito, *“la energía eléctrica”* como suministro de cada uno de los equipos para su operación.

Si bien antes no se habían considerado como ejes fundamentales, ahora merecen ser de las principales atenciones para la construcción y el funcionamiento de los centros de datos. Ya que por cada unidad de Watt utilizado de manera eficiente se reflejará en el mejor funcionamiento y operación de equipo consumible de energía eléctrica; de la misma manera, cada día mejoran los elementos en cuanto a su eficiencia, todo esto se verá reflejado en un concepto, que hoy en día es merecedor de gran atención para las organizaciones y de cualquier individuo en pro del cuidado del medio ambiente, hablamos del ahorro y eficiencia energética.

El suministro de energía eléctrica es la vena que recorre cada parte de cada elemento, su correcta manipulación y uso, nos entrega resultados satisfactorios en nuestro objetivo, mantener vivo el centro de datos. Como veremos más adelante, la correcta instalación de cada elemento y el adecuado seguimiento de las normatividades, como lo es el estándar TIA.942 para el diseño del centro de datos, y la NOM-001-2012 en materia de instalaciones eléctricas, nos darán la pauta para el correcto diseño y funcionamiento del centro de datos.

Su principal objetivo de las normas y estándares, es salvaguardar la integridad física del personal que labora en la entidad y de evitar en lo mayor posible, riesgos que causen daño al equipo eléctrico, generando así condiciones seguras de trabajo.



CAPITULO 1. ANTECEDENTES.

Los centros de datos tienen sus raíces en las grandes salas de ordenadores de los primeros tiempos de la industria de la computación. Los sistemas informáticos tempranos eran complejos de operar y mantener, y requerían un ambiente especial en el que pudieran operar. Para la operación completa de un centro de datos la cantidad de cableados era muy elevado por lo que se fueron concibiendo gran cantidad de soluciones, como bastidores estándar para montar el equipo, suelos elevados y bandejas de cables (que vienen de arriba o debajo del piso elevado). Asimismo, una única unidad central requiere una gran cantidad de energía, con la necesidad de control de temperatura y humedad para la correcta operación de los equipos. La seguridad era importante las computadoras eran caras, y se utilizaba a menudo para fines militares. Por lo tanto, se diseñaron pautas de diseño básicos para controlar el acceso a la sala de ordenadores.

Durante el auge de la industria del microordenador, y especialmente durante la década de 1980, las computadoras comenzaron a ser desplegadas en todas partes, en muchos casos con poca o ninguna atención acerca de los requisitos de funcionamiento. Sin embargo, como la tecnología de la información (TI) para realizar las operaciones comenzaron a crecer en complejidad, las empresas crecieron conscientes de la necesidad de controlar los recursos de TI. Con la llegada de Linux y la consiguiente proliferación de los sistemas de libre acceso Unix, compatibles PC de funcionamiento durante la década de 1990, así como MS-DOS, finalmente, dando paso a un sistema operativo Windows capaz multitarea, los *centros de datos* comenzaron a encontrar su lugar en las antiguas aulas de informática. Estos fueron llamados "servidores" como los sistemas operativos de tiempo compartido como Unix se basaban en gran medida en el modelo cliente - servidor para facilitar el intercambio de recursos únicos entre varios usuarios. La disponibilidad de equipos de red de bajo costo, junto con las nuevas normas para la red de cableado estructurado, hizo posible el uso de un diseño jerárquico que puso a los servidores



en una sala específica dentro de la empresa. El uso del término "centro de datos", como se aplica a las salas de ordenadores especialmente diseñados, comenzó a ganar reconocimiento popular de este tiempo.

El auge de los centros de datos se produjo durante la burbuja de los "punto com". Las empresas necesitan conectividad a Internet rápida y un funcionamiento ininterrumpido para implementar sistemas y establecer una presencia en Internet. La instalación de dicho equipo no era viable para muchas empresas más pequeñas.

Muchas empresas comenzaron a construir instalaciones muy grandes, llamados centros de datos de Internet (IDC), que proporcionan a las empresas una gama de soluciones para el despliegue y operación de los sistemas. Las nuevas tecnologías y las prácticas fueron diseñadas para manejar las necesidades de funcionamiento de este tipo de operaciones a gran escala. Estas prácticas eventualmente emigraron hacia los centros de datos privados, y se adoptaron en gran parte debido a sus resultados prácticos. Los centros de datos de la computación en nube se llaman centros de datos en la nube (CDC). Pero hoy en día, la división de estos términos casi ha desaparecido y que se están integrando en un término "centro de datos".

Con un aumento en la absorción de la computación en nube, las organizaciones empresariales y gubernamentales están examinando los centros de datos en un grado mayor en áreas como la seguridad, la disponibilidad, el impacto ambiental y el cumplimiento de las normas. Los documentos estándar de los grupos de profesionales acreditados, como la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones, especifican los requisitos para el diseño de centros de datos. Las métricas operativas conocidas para la disponibilidad del centro de datos se pueden usar para evaluar el impacto en el negocio de una interrupción. Todavía hay un mucho de desarrollo que se realiza en la práctica la operación, y también en el medio ambiente de diseño del centro de datos. Los centros de datos suelen ser muy caros de construir y mantener. Todavía hay mucho desarrollo que se hace en la práctica, el funcionamiento, y también en el diseño para el medio ambiente.



CAPITULO 2. CENTRO DE DATOS Y EQUIPO.

En nuestro mundo actual las comunicaciones están cambiando continuamente debido a la gran demanda de usuarios que requieren de conectividad en dispositivos fijos y móviles, lo cual hace a las diversas empresas o grupos de trabajo requieran invertir en nuevas tecnologías, una parte fundamental para que los usuarios tengan acceso a la manipulación de datos, ya sean redes públicas o privadas; independientemente de que sean clientes de cualquier empresa o compañía proveedora. Es la infraestructura de su red, la cual contempla diversos factores, desde el cableado telefónico, instalaciones eléctricas, redes de telecomunicaciones, así como equipos de comunicaciones en diversas áreas de operación.

Toda esta infraestructura suele ubicarse en un área específica en donde todos los elementos que forman parte de una red de datos y de telecomunicaciones son concentrados en este lugar puesto que ahí se concentra la mayor parte de la información que viaja a través de varios medios de transmisión desde el cable coaxial hasta la comunicación inalámbrica y satelital. Esta área se le conoce como centro de procesamiento de datos, también llamado “*DATA CENTER*”; el cual, hoy en día, es la parte esencial para el desarrollo y negocio de ciertas empresas. Dada la importancia de este centro de procesamiento de datos, existe una gran cantidad de elementos destinados a la funcionalidad de este centro. De los cuales se puede destacar: el monitoreo y vigilancia para su seguridad, el acondicionamiento de la temperatura del inmueble, la iluminación del lugar, y muchos otros que varían de acuerdo a las necesidades de operación y flexibilidad del centro de datos, los cuales se verán más adelante. Aunado a esto, existen normatividades a las cuales se tiene que apegar para garantizar el correcto funcionamiento y operación de centro de datos, además de que hoy en día, se están desarrollando nuevas tecnologías de operación para fomentar el ahorro de energía eléctrica en estos centros, partiendo en el uso eficiente de equipos necesarios que cualquier empresa necesita.



Este capítulo muestra la importancia de los centros de datos en el ámbito de las redes de transmisión de datos, los diversos tipos y equipos que lo forman. Así como su ubicación e importancia en el ámbito empresarial en las compañías y el ámbito geográfico en el contexto de redes de datos. Mencionando la importancia del papel que juega el cableado estructurado en estos lugares y su relación con las diversas características eléctricas que requieren para su instalación; así como el seguimiento de normas que serán útiles en el capítulo 5 para la propuesta de diseño eléctrico en un SITE empresarial.

2.1. CONCEPTO DE CENTRO DE DATOS

Un centro de datos es el lugar físico en donde se concentran los equipos de telecomunicaciones y recursos necesarios para el procesamiento de la información de una organización, también llamado **“DATA CENTER”** que es como comúnmente se le conoce en las organizaciones y empresas que lo utilizan.

Generalmente se encuentra en un edificio o sala de gran tamaño usada para mantener en él, una gran cantidad de equipo eléctrico y electrónico; la razón principal para su implementación y diseño se ve reflejada en el acceso a la información y operaciones necesarias de las empresas que lo utilizan para enviar y recibir su información confidencial y pública a través de Internet.

Un centro de datos, según se define en la norma ANSI/TIA-942, que es el estándar de Infraestructura en Telecomunicaciones para Centros de Datos, como: “un edificio o parte de un edificio cuya función esencial es albergar una sala de informática y sus áreas de asistencia”¹. Las funciones principales de un centro de datos son centralizar y consolidar recursos de tecnología de la información, alojar operaciones

¹ TIA. Estándar;Telecommunications infrastructure standard for data center. TIA-942. April 2005. Telecommunications industry association



de red, facilitar el comercio electrónico y brindar servicio continuó a operaciones de procesamiento de datos críticos para la misión.

Los factores más importantes para que se lleve a cabo la construcción de un **DATA CENTER** son garantizar la continuidad de servicio a clientes, empleados, ciudadanos, proveedores y empresas que están ligados a la empresa responsable que opera el centro de datos. Por tanto es importante mantener la protección de los equipos desde su instalación eléctrica hasta el sistema de aire y enfriamiento de estos. Por lo tanto, un **DATA CENTER** o **Centro de Datos** es un edificio o parte de un edificio, cuya principal función consiste en albergar una sala de equipos de cómputo, en donde es posible localizar equipos de comunicaciones tales como servidores, routers, switches, firewall, etc. La mayor parte de estos localizados en soportes llamados racks. También existen diversos equipos de abastecimiento y transmisión de energía eléctrica, como plantas de suministro de energía, UPS's, equipos de acondicionamiento ambiental y sistemas de video vigilancia, los cuales forman este lugar, que es el centro principal de la información.

Un Centro de Proceso de Datos (CPD), Centro de datos o **DATA CENTER** como se ha definido engloba las dependencias, equipos y sistemas que hacen posible que los datos sean almacenados, tratados y distribuidos al personal o procesos autorizados para su consulta y manipulación.



Fig. No 1. Vista de un centro de datos.



2.1.1. IMPORTANCIA EN LAS EMPRESAS

Generalmente los centros de datos suelen ser el principal motor para las todos aquellos grupos de trabajo, independientemente sean de cualquier tipo; pequeñas, medianas y grandes empresas. Puesto que para que lleven a cabo sus procesos de negocio e interacción con el mundo global necesitan estar conectados a través de internet, el cual se forma gracias a la conexión de equipos de comunicaciones mediante ciertos protocolos de comunicación y medios de transmisión de datos. El propósito principal que juega el centro de datos en las empresas, es el alojamiento de los activos de datos en un entorno en el cual se cubran las necesidades tales como la potencia eléctrica, HVAC (temperatura, ventilación y aire acondicionado), telecomunicaciones, redundancia y seguridad. Para que todo esto funcione es importante mencionar que sin la energía eléctrica sería difícil o imposible el funcionamiento de un **DATA CENTER**; es esta, la razón principal por la que ahora en estos tiempos las empresas de Tecnologías de la Información así como las que brindan soluciones en cuanto a la calidad de los centros de datos realizan nuevos diseños como el fomentar el uso de ahorro de energía así como la creación de **DATACENTER** ecológicos. También de ahorrar energía eléctrica mediante la creación de “multiequipos” que reducen el consumo de la misma energía, al incluir diversas funciones y equipos de comunicaciones en uno solo, incluso con la propiedad de utilizar virtualización lo cual lo hace más eficaz.

Cada vez es más común escuchar acerca de *tecnologías de la información*, y es que su uso no solo se limita al área de actividades económicas, sino que es producto de la misma globalización, desde las grandes corporaciones hasta el corazón de los hogares. Es por ello que el procesamiento de datos, ya sea público o privado, ha tenido un cambio vertiginoso en el campo de trabajo. Así mismo como crece el tráfico y procesamiento de datos, lo hacen, las necesidades de ofrecer la continuidad, confiabilidad y flexibilidad del servicio. Para lograr que todo esto sea



posible se requiere, en buena parte, ***de la calidad y de la continuidad del servicio eléctrico***; para cubrir todas las necesidades que conlleva.

2.1.2. TIPOS DE CENTROS DE DATOS POR SERVICIO PROVISTO

Ahora que se ha definido el concepto de centro de datos, es importante mencionar que a estos centros se les conoce también como **DATA CENTER** (de su nombre original en inglés), centro de procesamiento de datos (CPD) o bien centros de cómputo inteligente; en todos estos casos ambos conceptos significan lo mismo debido a que todos involucran los siguientes elementos:

- Sistemas Eléctricos de Potencia (Plantas de Emergencia y UPS).
- Sistemas de Puesta a Tierra y Pararrayos. (Cableado Eléctrico Regulado).
- Cableado de Telecomunicaciones. (Racks, Gabinetes, Voz y datos).
- Equipos de Red (Servidores, Mainframes, Conmutadores Telefónicos, etc.),
- “Tiering” y Redundancia.
- Monitoreo, Administración y Seguridad

Los centros de datos se dividen en dos tipos o categorías basado en la clase de servicio que estos proveen:

- Dominio Privado y Dominio Empresarial o Corporativo.
- Dominio Público y Dominio de Internet o “hosting”.



De dominio privado.

Este tipo de **DATA CENTER** es manejado por el departamento de TI de la propia organización, y provee las aplicaciones, el almacenamiento y Web hosting necesitadas para mantener las operaciones plenas.

De dominio Empresarial.

Este tipo de centro de datos sirve las necesidades de una única compañía, campus u operación global, puesto que es el lugar físico que provee los servicios de comunicación y de datos a una única empresa o compañía. El centro de datos es un recurso clave, muchas organizaciones simplemente paran sus actividades cuando sus empleados y clientes no pueden acceder a los servidores, sistemas de almacenaje y dispositivos de red que residen ahí. Literalmente algunas empresas, como grandes bancos, líneas aéreas, consignadores de paquetes y agentes de bolsas de línea, pueden perder millones de dólares en una sola hora de tiempo de inactividad, dadas estas consecuencias los atributos clave son la confiabilidad y flexibilidad.

De dominio público.

Estos tipos proveen servicios yendo desde colocación de equipos hasta Web-hosting de administración. Los clientes típicamente acceden sus datos y aplicaciones vía internet.

De Internet o “hosting”.

Son poseídos y operados por compañías de servicios que comercializan acceso-web, hosting y otros servicios basados en Internet. Un amplio rango de estos servicios puede ser definido por:

- Colocación
- Colocación administrada
- Hosting totalmente administrada



- Outsourcing de Servicios

2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS CENTROS DE DATOS POR CONFIABILIDAD.

En la actualidad, la confiabilidad y continuidad del servicio en los centros de datos ha sido eje de múltiples atenciones; es por ello que institutos, organizaciones, proveedores, etc, se han dado a la tarea de crear referencias para determinar el grado de confiabilidad del centro de datos, y que estas sean aceptadas internacionalmente. La necesidad, tanto del cliente como del proveedor del servicio para conocer el estado del centro de datos ha culminado en clasificaciones, donde deben de cumplir con ciertos criterios y características que avalen su confiabilidad.

Las dos normas más importantes para establecer el nivel al cual pertenece el centro de datos, están proporcionados por: el estándar TIA 942, creado por la asociación de la industria de telecomunicaciones y el estándar 131-2013 de la norma internacional para la construcción y procesamiento de centros de datos.

2.2.1 CLASIFICACIÓN TIER DE LOS DATA CENTER.

Asociación de la industria de telecomunicaciones (TIA, por sus siglas en inglés). Esta norma cuenta con un estándar el cual describe las características y condiciones que debe cumplir un centro de datos para ser clasificados por su nivel de operación, por ello existe el concepto llamado “Tier” que se refiere al nivel de fiabilidad de un centro de datos asociados a cuatro niveles de disponibilidad definidos. El Tier de un **DATA CENTER** es una clasificación ideada por el Uptime Institute el cual fue formado en el estándar ANSI/TIA-942 y que básicamente establece que a mayor número en Tier, habrá mayor disponibilidad. Las cuatro clasificaciones Tier que se conocen en estos tiempos son las siguientes.



2.2.1.1 TIER I. CENTRO DE DATOS BÁSICO.

Es una instalación que no tiene redundados sus sistemas vitales (climatización y suministro eléctrico) y que por tanto perderá su capacidad de operación ante el fallo de cualquiera de ellas, puede tener o no tener, pisos elevados, generadores auxiliares o UPS. De esta manera, las operaciones de mantenimiento derivaran en tiempo de no disponibilidad de la infraestructura. Una interrupción imprevista o fracaso de cualquier sistema de abastecimiento para el centro de datos, tendrán un impacto en el entorno crítico. Lo cual provocará que al menos una vez al año el **DATA CENTER** esté fuera de servicio por reparaciones y mantenimiento en las componentes que deben ser redundantes. Si no se realiza mantenimiento periódicamente, aumentará el riesgo de interrupción no planificada y agravará la interrupción.

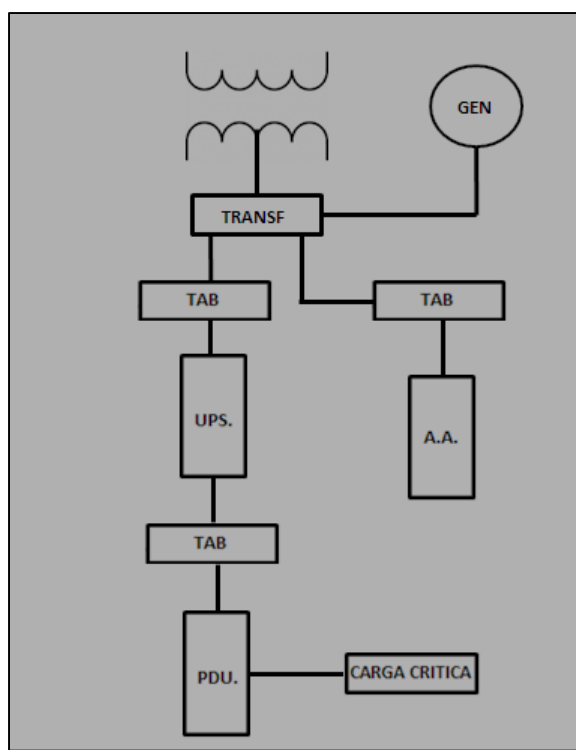


Fig. No. 2 Configuración eléctrica TIER 1. TIA-942



2.2.1.2 TIER II. CENTRO DE DATOS REDUNDANTE.

Los **DATA CENTER** de esta categoría tienen redundados sus sistemas vitales, como la refrigeración, pero cuentan con un único camino de suministro eléctrico. Tienen componentes redundantes (N+1), a diferencia de los **DATA CENTER** básicos, este tipo cuenta con suelos elevados, pisos falsos, generadores auxiliares y UPS, los cuales están conectados a una única línea de distribución eléctrica y de refrigeración. Se trata por tanto de instalaciones eléctricas con cierto grado de tolerancia a fallos y que permiten algunas operaciones de mantenimiento “online” por medio de los sistemas operativos que permiten el monitoreo de ciertos parámetros eléctricos para su revisión y eficiencia. También puede requerir de la interrupción del servicio en la línea de distribución y otras partes de la infraestructura para llevar a cabo el mantenimiento. Por lo que el entorno es susceptible de interrupciones por actividades planificadas y no planificadas, como pudieran ser errores humanos o en los componentes de la infraestructura.

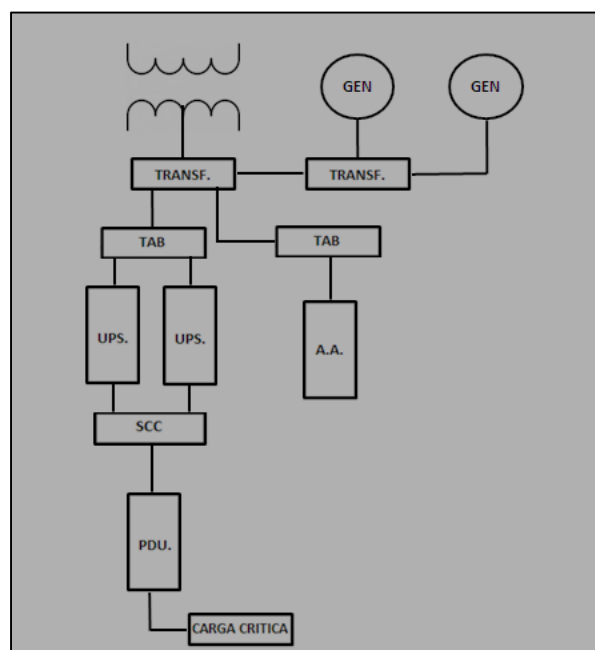


Fig. No. 3. Configuración eléctrica TIER 2. TIA-942.

2.2.1.3 TIER III. CENTRO DE DATOS CONCURRENTEMENTE MANTENIBLE (DISPONIBILIDAD DE 99.982%)

Un ***DATACENTER*** Tier III además de cumplir con los requisitos de un Tier II, tiene niveles importantes de tolerancia a fallos en cualquiera de sus componentes que inhabilite una línea (suministro, refrigeración) ya que posee múltiples líneas de distribución eléctrica y de refrigeración, pero únicamente cuenta con una puesta en servicio. Con lo cual hay suficiente capacidad y distribución para poder llevar a cabo tareas de mantenimiento en una línea mientras se brinda el servicio por otra. No existe suficiente capacidad, instalada de forma permanente para satisfacer las necesidades de los componentes redundantes fuera de servicio. Cada componente y cada elemento del entorno pueden ser retirados del servicio en forma planificada, sin afectar a cualquiera de los entornos críticos, de esta manera se cumple el requisito para el posible uso de un upgrade a Tier IV sin interrupción del servicio.

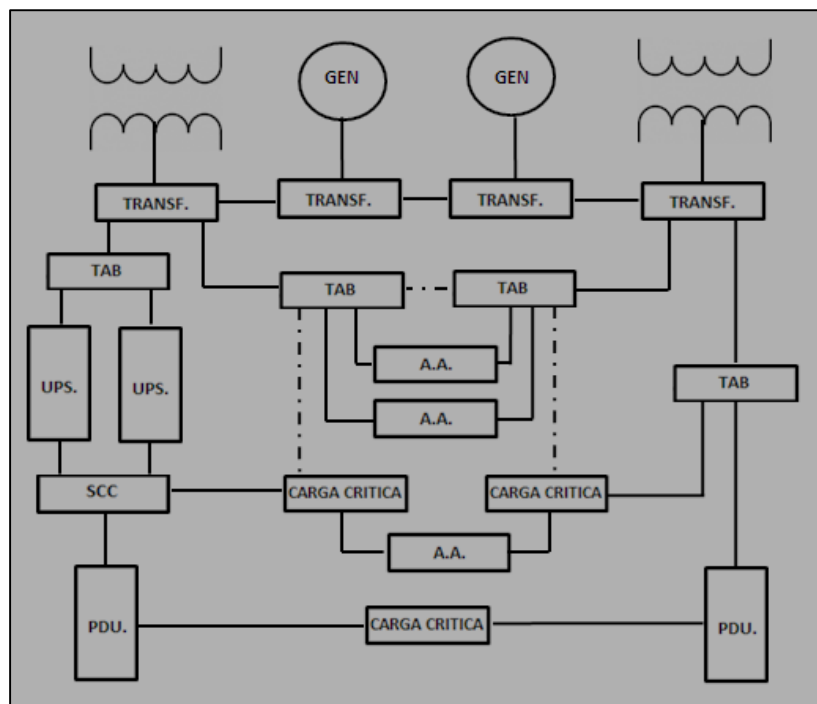


Fig. No. 4. Configuración eléctrica TIER 3. TIA-942.

2.2.1.4 TIER IV. CENTRO DE DATOS TOLERANTE A FALLAS (DISPONIBILIDAD DE 99.995%)

Esta es la clasificación más exigente que implica cumplir con los requisitos de Tier III, además de soportar fallos en cualquiera de sus componentes que inhabilite una línea (suministro, refrigeración). Tiene conectados múltiples líneas de distribución eléctrica y de refrigeración con múltiples componentes redundantes $2(N+1)$, que significa que cuenta con 2 líneas de suministro eléctrico (UPS) cada una de ellas con redundancia $N+1$.

Un centro de datos tolerante a fallos cuenta con varios sistemas independientes aislados que proporcionan redundancia en los componentes del entorno, y diversas rutas de distribución independientes. El fallo de cualquier componente del sistema no repercutirá en el funcionamiento crítico del ambiente.

Más adelante en el capítulo 5 se definirá el concepto de redundancia en los sistemas eléctricos de distribución de energía como lo son los sistemas de alimentación ininterrumpida UPS y plantas de emergencia.

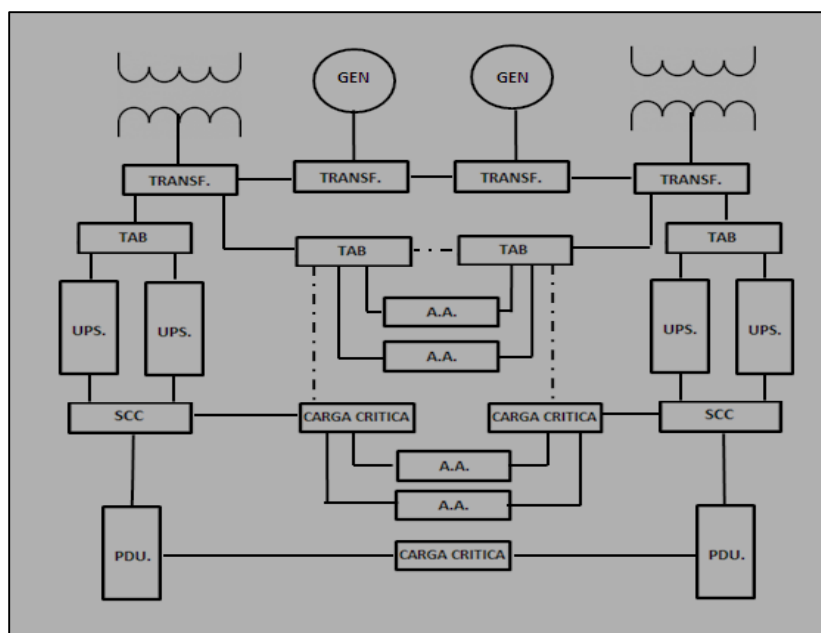


Fig. No. 5. Configuración eléctrica TIER 4. TIA-942.



2.2.2. CLASIFICACIÓN ICREA DE LOS DATA CENTER.

Asociación nacional de expertos en centros de cómputo, (ICREA, por sus siglas en inglés). Este organismo crea la norma internacional para la construcción e instalación de equipamiento de ambientes para el equipo de manejo de tecnologías de información y similares, referido como ICREA Std-131-2013. El cual tiene como propósito señalar los ámbitos y características que se necesitan para la instalación y el funcionamiento de un centro de datos, señalando puntualmente la operación del centro. Este estándar delimita el grado de confiabilidad que tiene el centro de datos de acuerdo a una clasificación en niveles, que van del 1 al 5; donde se estipula aquellas condiciones mínimas que deben de cumplir los centros de datos para adquirir cierto nivel de confiabilidad, donde a mayor número incrementa el grado de la misma. Donde el termino N se refiere al grado de redundancia que puede tener el sitio.

2.2.2.1. ICREA NIVEL 1

Esta topología aporta un 95% de disponibilidad, con una configuración básica y requerimientos mínimos. Posee elementos principales como un solo UPS, un tablero de distribución para el ups, un solo elemento para la climatización. Este tipo de topología ofrece el servicio con susceptibilidad a fallos de energía por parte de la compañía. Sin continuidad en el servicio por mantenimientos.

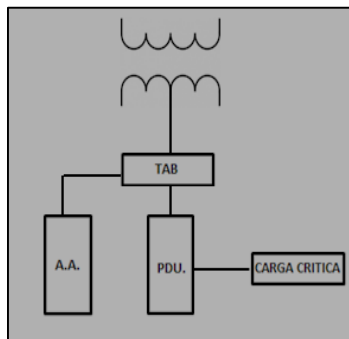


Fig. No. 6. Configuración eléctrica ICREA 1.

2.2.2.2 ICREA NIVEL 2

Este nivel ofrece una disponibilidad del 99%, posee un cierto grado de redundancia, el cual permite tareas de mantenimiento en ciertos componentes sin la pérdida del servicio en la sala de comunicaciones. Entre las principales características eléctricas en los componentes, tenemos que poseer una redundancia en el UPS y en los tableros derivados para la alimentación de la sala de comunicaciones.

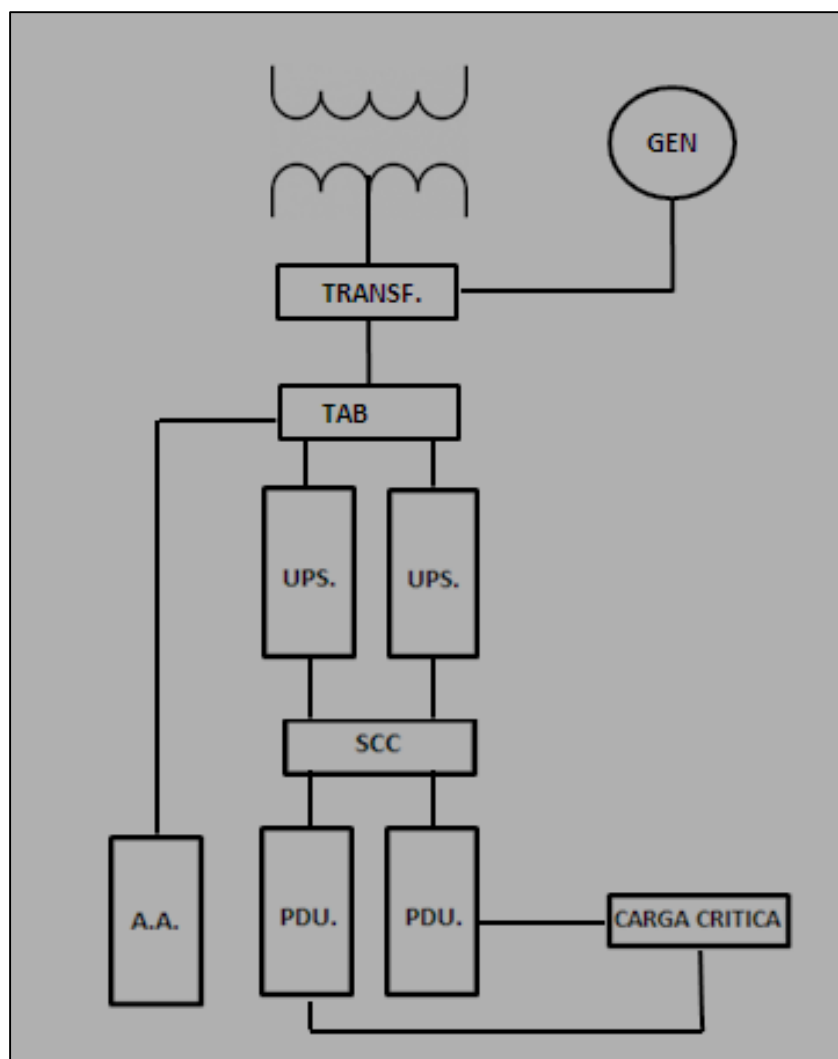


Fig. No. 7. Configuración eléctrica. ICREA 2.



2.2.2.3 ICREA NIVEL 3

El nivel 3 otorga el nombre de sala confiable con ambiente certificado de clase mundial, con una disponibilidad de 99.9 %, cabe señalar que en esta tipología se aceptaran grupos electrógenos portátiles para casos de mantenimientos, bajo condiciones donde los eventos de falla en el suministro de energía no exceda los 15 minutos acumulables en 5 años. Este tipo de arreglo, eléctricamente permite dar mantenimiento al grupo electrógeno sin la pérdida del servicio.

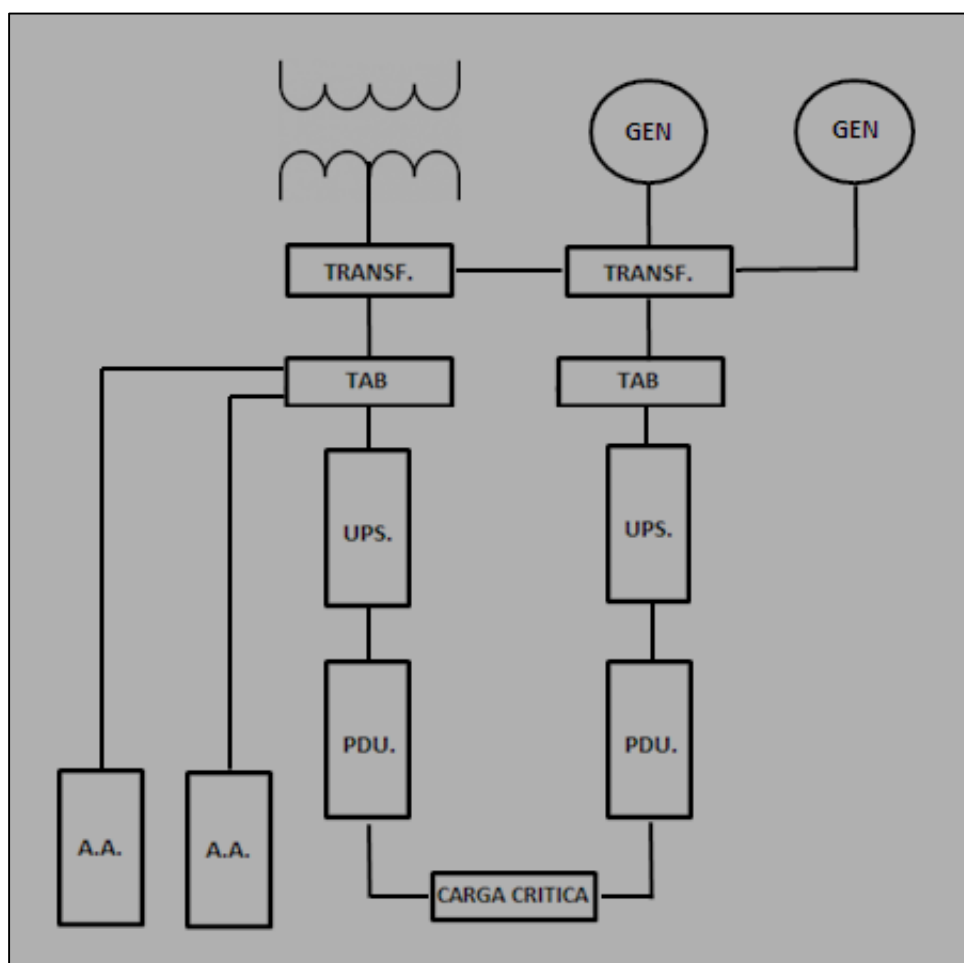


Fig. No. 8. Configuración eléctrica. ICREA 3.



2.2.2.4 ICREA NIVEL 4

La disponibilidad de esta topología alcanza el 99.99 % convirtiéndola en una excelente opción para aquellos centros de datos, donde la disponibilidad del servicio es muy alta, conocida también como: sala de cómputo de alta seguridad con certificación. No tiene puntos únicos de falla y permite darle mantenimiento a todos los elementos de una alimentación sin perder el servicio. Es importante hacer notar que el grupo electrógeno es único para la sala de telecomunicaciones.

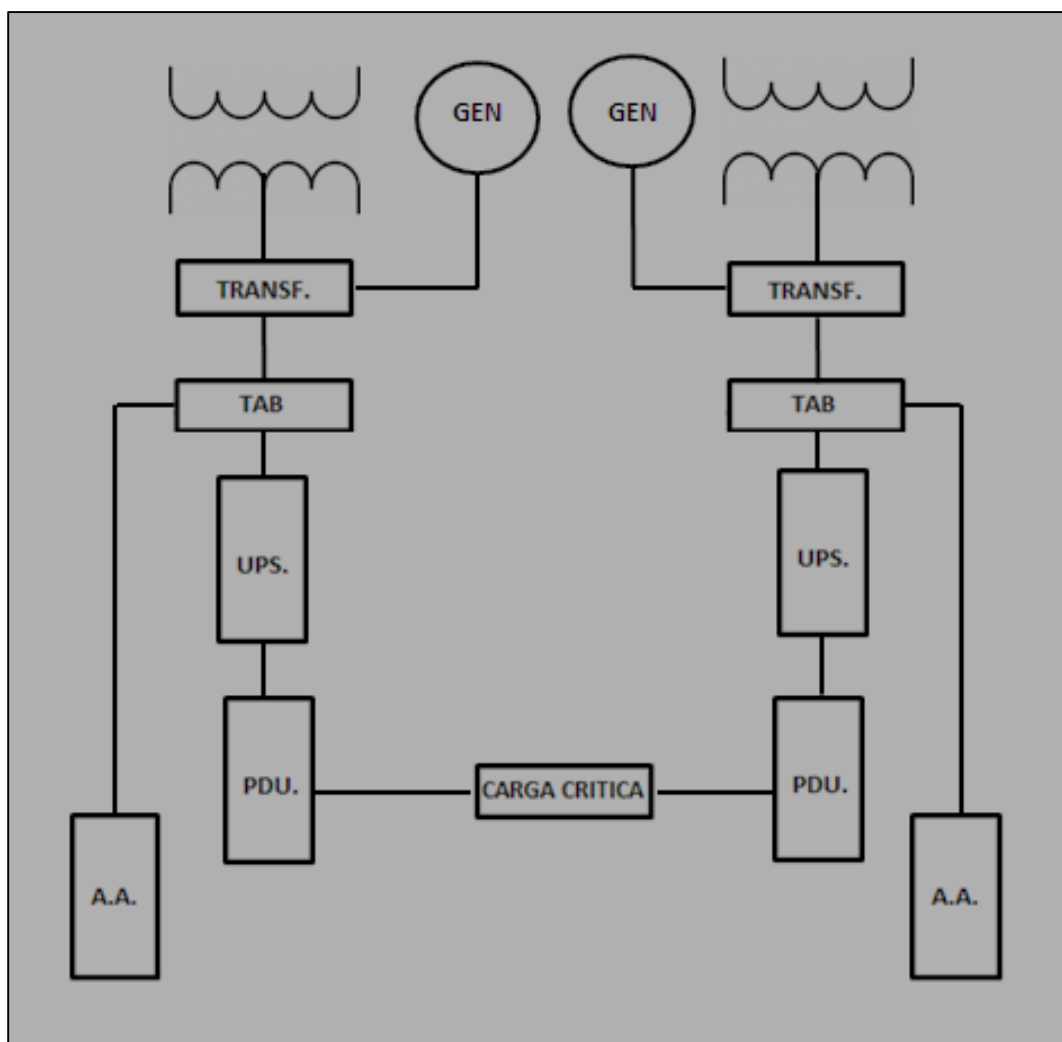


Fig. No. 9. Configuración eléctrica. ICREA 4.



2.2.2.5 ICREA NIVEL 5

Sala de cómputo de alta seguridad y alta disponibilidad de clase mundial. El arreglo en los elementos eléctricos permite una disponibilidad de 99.999 %, no tiene puntos únicos de falla, permite darle mantenimiento a cualquier elemento del sistema eléctrico de la alimentación al centro de datos sin perder el servicio.

El ups debe contar tres bancos de baterías independientes con capacidad del 50 % cada uno.

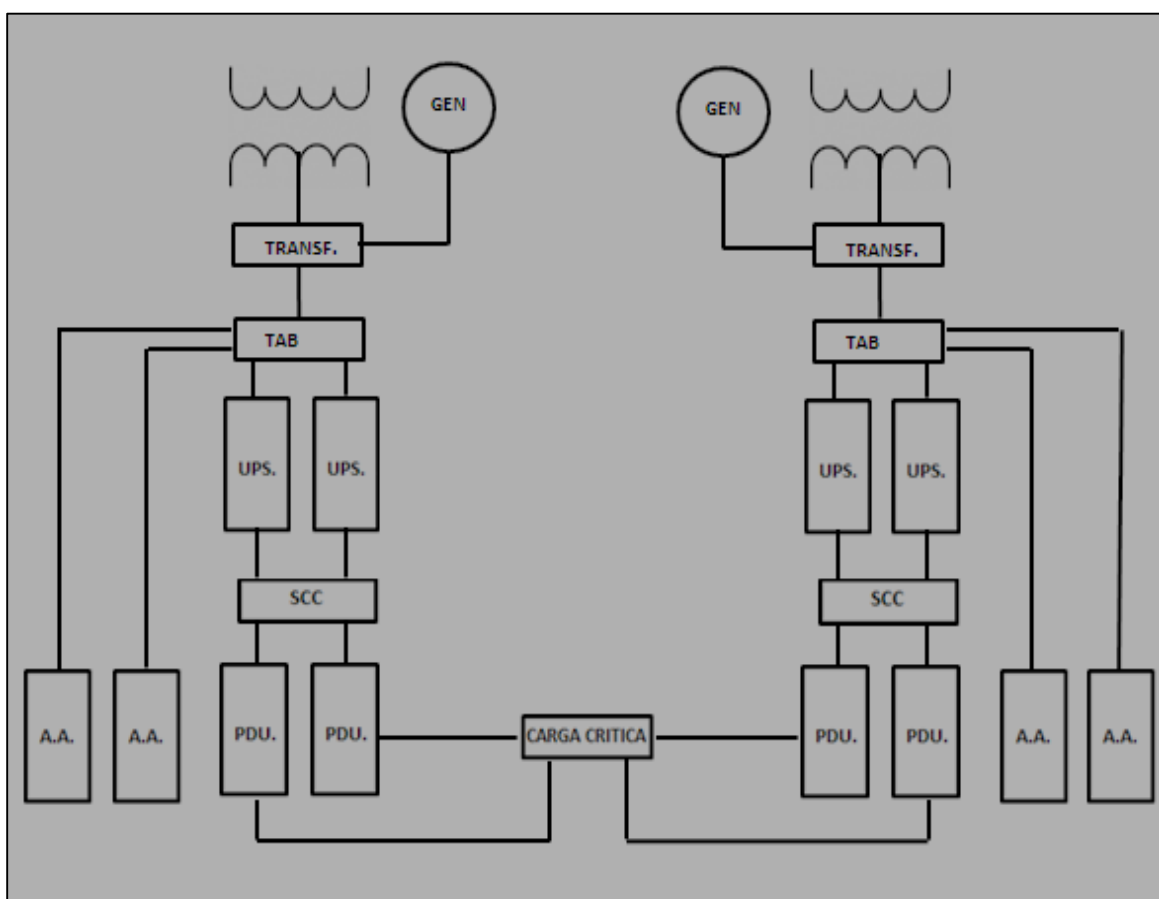


Fig. No. 10. Configuración eléctrica. ICREA 5



2.3. FUNCIONAMIENTO DE LOS CENTROS DE DATOS

Ahora que hemos visto las características y rasgos que conforman un **DATA CENTER** es importante explicar la forma en la que operan en conjunto todas ellas, y su relación en cuanto al funcionamiento en la unificación de las distintas áreas ingenieriles que lo conforman.

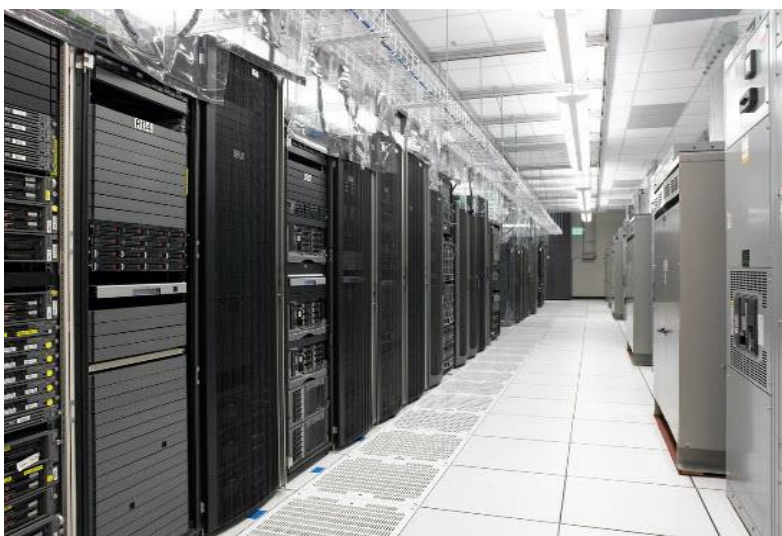


Fig. 11. Cuarto frio o Site en **DATA CENTER**.

Cabe señalar que para el proceso de diseño y construcción de un **DATA CENTER**, las empresas constructoras tienen la prioridad de evaluar las necesidades de todo el equipamiento, anticipar crecimiento futuro sobre el periodo de vida del mismo, así como el diseño del plano eléctrico y el sistema de cableado de telecomunicaciones básicamente la operación y funcionamiento de un **DATA CENTER** se rige en procesos ingenieriles en áreas de sistemas como la seguridad informática, en redes de telecomunicaciones monitoreando las conexiones que hay en internet con los equipos instalados en el lugar, así como en la parte de energía llevando los mantenimientos requeridos.



Pero ¿Cómo realmente funcionan todos estos elementos mencionados anteriormente en un mismo lugar? La respuesta no es tan sencilla de responder puesto que cada elemento o equipo que forma parte del **DATA CENTER**, tiene ciertas especificaciones para realizar, por ejemplo un servidor de base de datos instalado en un site (cuarto frio) difiere de las funciones de un UPS, que también está ubicado en el mismo lugar, a su vez ambos están dentro de la misma área que forma solo una pequeña parte del centro de datos. Por lo tanto, el funcionamiento de un **DATA CENTER** está basado prácticamente en cuanto a las necesidades de la propia compañía que es la que finalmente solicita la instalación de ciertos equipos de comunicaciones y en base a estos realizar el análisis costo-beneficio en cuanto equipos de distribución eléctrica, líneas de alimentación, sistemas de refrigeración, aire acondicionado y el correspondiente cableado estructurado.

Por lo tanto, la principal función de un centro de datos en un edificio o parte de este, es concentrar y abrigar una sala de equipos de telecomunicaciones y sus áreas de soporte, ya que requiere una integración total en los productos, siempre con el objetivo de una solución final.

2.4. CONCEPTOS DE COMUNICACIONES

Los sistemas de transmisión de datos conforman el corazón de los sistemas de cómputo, ya que gracias a ellos es posible la comunicación y la creación de redes avanzadas, cuyo objetivo radica en la difusión de la información de manera controlada, dependerá de las características de cada sistema de transmisión para el soporte, velocidad, calidad y cantidad de datos que se envíe por este camino. Pudiendo ser desde la conexión más sencilla donde se emita información en nuestra casa para enviar una impresión o hasta las más sofisticadas interconexiones de grandes grupos financieros.



Los medios de transmisión son todos aquellos caminos que podría llevar la información para llegar de un punto a otro, constituido dentro de una misma red. Es decir toda la infraestructura que se necesita para enviar la información a los distintos equipos de la red, y cuyos datos viajan a través de él, se conoce como “medio de transmisión”. En la actualidad podemos clasificarlos en tres grandes grupos: alámbricos, ópticos y electromagnéticos.

2.4.1 MEDIOS ALÁMBRICOS

Tanto los medios alámbricos como los medios ópticos también se les conocen como medio de transmisión guiados.

Los medios alámbricos principalmente utilizados en redes de datos son principalmente a través de hilos de cobre, el cual se haya conectado entre las diferentes estaciones de emisión y recepción para el intercambio de información.

Aquellas características que definan las instalaciones de los medios alámbricos dependerán de las propiedades con que se necesiten efectuar aquellas transmisiones, es decir, diferentes factores determinaran la velocidad, el medio, la aplicación, los requerimiento y por supuesto el costo-beneficio. De aquella línea de transmisión.

Existen dos principales medios alámbricos través de los cuales se puede efectuar la transmisión, ellos son: el par trenzado y el cable coaxial.

En la tabla a continuación descrita² se muestran distintas tecnologías de red de Ethernet junto con el cable empleado, las velocidades máximas y el alcance máximo.

² Gil Pablo, Pomares Jorge. Redes y transmisión de datos. Publicaciones de la universidad de alicante. 2010



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UN DATA CENTER

Tabla No. 1. Tecnologías de red

TECNOLOGÍA	VEL. DE TRANS.	TIPO DE CABLE	DIST. MÁX.	TOPOLOGÍA
10 BASE 2	10 Mbps	Coaxial fino (50 Ω)	200 m	Bus (Conector BNC-T)
10 BASE 5	10 Mbps	Coaxial grueso (50 Ω)	500 m	Bus (AUI)
10 BASE T	10 Mbps	2 pares trenzado (Cat UTP 3)	100 m	Estrella (Hub o Switch)
10 BASE F	100 Mbps	fibra óptica	2000 m	Estrella (Hub o Switch)
100 BASE T4	100 Mbps	4 pares trenzado (Cat UTP 3)	100 m	Estrella Half duplex(Hub) y full duplex (Switch)
100 BASE TX	100 Mbps	2 pares trenzado (Cat UTP 5)	100 m	Estrella Half duplex(Hub) y full duplex (Switch)
100 BASE FX	100 Mbps	fibra óptica (Multimodo)	2000 m	no se permite Hubs
100 BASE CX	100 Mbps	2 pares trenzado (STP)	25 m	Estrella (Hub o Switch)
1000 BASE T	1000 Mbps	4 pares trenzado (Cat 5e o UTP 6)	100 m	Estrella full dúplex (Switch)
1000 BASE SX	1000 Mbps	fibra óptica (Multimodo)	550 m	Estrella full dúplex (Switch)
1000 BASE LX	1000 Mbps	fibra óptica (Monomodo)	5000 m	Estrella full dúplex (Switch)
10 G BASE SR	10 Gbps	fibra óptica (Multimodo)	500 m	Estrella full dúplex (Switch)
10 G BASE LX4	10 Gbps	fibra óptica (Multimodo)	500 m	Estrella full dúplex (Switch)
10 G BASE T	10 Gbps	Par trenzado (UTP6)	55 m	Estrella full dúplex (Switch)



2.4.1.1 PAR TRENZADO

Es uno de los elementos más utilizados en las redes de área local en la actualidad, está constituido principalmente por dos cables de cobre, los cuales están trenzados entre sí, de forma helicoidal. Aislados por un material dieléctrico cada uno. El cable par trenzado más común en la actualidad es aquel que se compone de 4 pares de hilos; cada par se encuentra trenzado y recubierto por un material aislante. En este tipo de cables se presenta el fenómeno de diafonía³, debido a la cercanía entre los pares y al aislamiento o blindaje imperfecto que hay entre ellos; generando de esta forma capacitancias parásitas que resultan en una interferencia que reduce la calidad de la transmisión. Este fenómeno de interferencia por diafonía se puede reducir significativamente torciendo los pares.

El par trenzado se utiliza en aplicaciones, tanto analógicas como digitales. Por lo tanto es el medio de transmisión de datos más usado en redes de telefonía y en comunicaciones dentro de edificios en redes locales (LAN's por sus siglas en inglés⁴), el éxito que ha tenido es gracias a que es menos costoso que cualquier otro medio de transmisión, pero siempre dependerá de las aplicaciones, ya que permite menor distancia de transmisión, menor ancho de banda y menor velocidad comparada con la fibra óptica.

Tipos de par trenzado:

- UTP. Par trenzado no apantallado (Unshielded Twisted Pair), es de fácil manipulación y de menor precio, aunque suele ser afectado por interferencia electromagnética, el estándar para conectores de cable UTP es el RJ-45.

³En Telecomunicación, se dice que entre dos circuitos existe diafonía, cuando parte de las señales presentes en uno de ellos. La diafonía, en el caso de cables de pares trenzados se presenta generalmente debido a acoplamientos magnéticos entre los elementos que componen los circuitos.

⁴ Local Area Network. Red de red local.

- STP. Par trenzado apantallado (Shielded Twisted Pair), tiene un recubrimiento de una malla metálica, que provee de un aislamiento contra interferencia electromagnética, que mejoran su eficacia, se suele utilizar con conectores RJ-49.

Los principales tipos de cable UTP que se emplean se recopilan en la EIA, que es el estándar donde se marca la normatividad para el uso de cableado en todo tipo de espacios.⁵



Fig. No. 12. Par trenzado categoría 6.

2.4.1.2 CABLE COAXIAL

El cable coaxial es un medio de transmisión guiado, el cual se compone de un conductor central y este está forrado por una capa externa conductora, con un conducto aislante que separa a estos dos conductores, para conservar sus propiedades eléctricas. Todo este se encuentra con una protección dieléctrica que

⁵ TIA/IEA 568-B1. Requerimientos generales. TIA/IEA 568-B2. Componentes de cableado mediante par trenzado balanceado.



reduce las emisiones eléctricas. Esta estructura ha generado que sea considerado como un excelente medio de transmisión, con una gran eficacia.

En la transmisión de datos se han empleado dos tipos de cable: coaxial grueso (thick), coaxial fino (thin). La malla que lo recubre es una referencia a tierra, absorbiendo las corrientes parásitas e impidiendo que se distorsione la información que transmite. Es ideal para cubrir grandes distancias y además de poseer una buena eficacia. Su gran inconveniente es el grosor, ya que al ser superior que el par trenzado impide ángulos muy cerrados.

2.4.2. FIBRA ÓPTICA

El principal problema que se han encontrado en la transmisión sin un medio guiado, fue la atenuación que provocaba las condiciones ambientales y depende de la visibilidad directa. Como solución a estos problemas se logra con la invención de un medio guiado, creados a partir de cristales de gran pureza, logrando una atenuación mucha menor, mayor cantidad de transmisión de datos sin regeneración alguna.

A través del paso de los días se ha logrado perfeccionar las fibras ópticas, así como los generadores de luz con las características específicas para lograr su objetivo de toda transmisión, “la transmisión de datos a mayor densidad y distancia”. Empujando de esta manera también la revolución en los sistemas ópticos como lo son los diodos emisores de luz y laser.

La fibra óptica es, relativamente, una nueva tecnología de cable, que se utiliza para la instalación de redes locales. Su constitución es principalmente a través de un hilo finísimo de vidrio, con un alto índice de refracción de la luz⁶, alrededor de este

⁶ Si la luz incidente no es perpendicular a la superficie, entonces la luz transmitida no es paralela a la incidente. El cambio de dirección del rayo se denomina refracción.



núcleo hay un revestimiento también a base de vidrio pero con un índice de refracción más bajo que protege al núcleo de contaminación y provoca un fenómeno de reflexión interna. Este hilo con su respectivo revestimiento está protegido por varias capas, las cuales fungen como aislamiento a la humedad y aislamiento mecánico contra el medio.

Su aplicación se debe principalmente a que soporta grandes distancias, posee un gran ancho de banda, resulta inmune ante la interferencia electromagnética; así como también su característica de ser muy delgada, flexible y ligera en comparación con otros conductores.

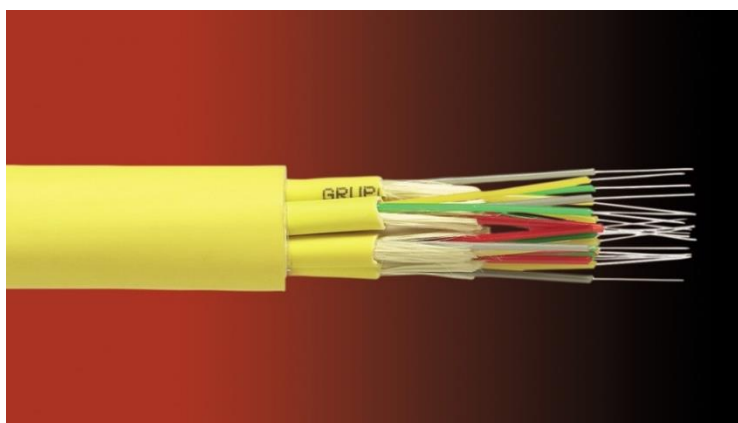


Fig. No. 13. Fibra óptica de 12 hilos.

Las fibras ópticas soportan un ancho de banda mayor y tiene una menor pérdida de señal. Al ser señales, cuya base es la luz, la interferencia electromagnética, variaciones de voltaje y corrientes no la afectan, y no propagan descargas eléctricas hacia los equipos de la red.

En la imagen se muestran la composición principal de un sistema de comunicaciones base de fibra óptica, sus tres principales bloques son: el transmisor el receptor y la guía. El transmisor consiste en la interfaz analógica o digital, una



fuente lumínica y un acoplado de luz de fuente a fibra óptica. La guía consiste en si en la propia fibra que es el medio de propagación. El receptor consiste en un detector acoplador de fibra a luz, un detector fotoeléctrico y el respectivo convertidor analógico digital con su interfaz analógica o digital.

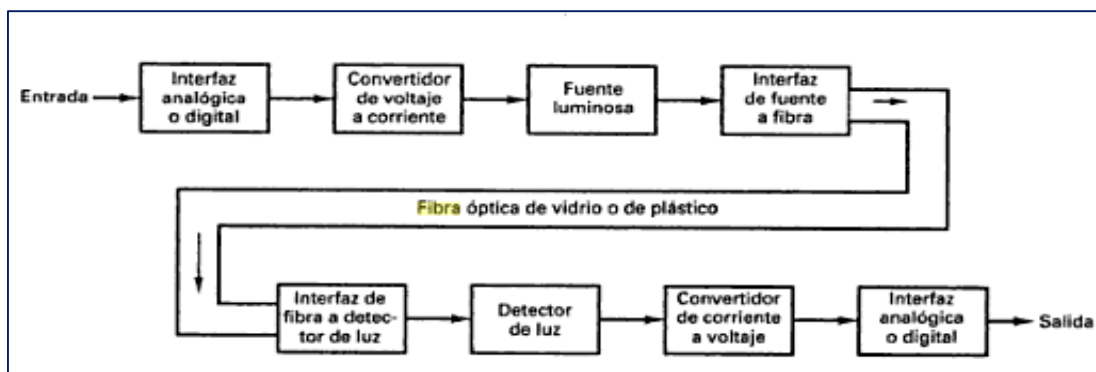


Fig. No. 14. Diagrama de sistema de fibra óptica.



CAPÍTULO 3. IMPLEMENTACIÓN DEL CENTRO DE DATOS.

Requerimientos.

Al emprender el proyecto de un **DATA CENTER** es necesario realizar un planteamiento adecuado sobre su diseño. Se debe contemplar la información, las recomendaciones, estándares, así como las acciones que serán tomadas en cada paso del proceso de diseño, tales como el cableado de comunicaciones, plan arquitectónico y civil, seguridad, plan de equipamiento, y desde luego la instalación eléctrica, por mencionar algunos.

En el planteamiento se deben de contemplar puntos importantes que afectan al diseño, por ejemplo, las especificaciones del equipo de telecomunicaciones, el espacio suficiente para contener al **DATA CENTER**, así como a las áreas que brindarán soporte, la capacidad eléctrica necesaria, así como brindar las facilidades necesarias en diferentes ingenierías y disciplinas.

A continuación se mencionan algunos puntos importantes de otras disciplinas para que sean contemplados, ya que impactan en el diseño de la instalación eléctrica.

Requerimientos generales.

El proyecto de un **DATA CENTER** deberá ser consistente con lo que respecta a los requerimientos, debe contar con un espacio y un ambiente controlado, trayectorias de instalaciones y servicios, flujo de aire necesario para abatir la carga térmica, y contar con las especificaciones del equipamiento electrónico y de telecomunicaciones; ello con el fin de determinar su impacto en el diseño de la instalación eléctrica.



3.1 Diseño Arquitectónico.

Diseño Interior. Es necesario que la ubicación del **DATA CENTER** esté libre de restricciones, aquellas que puedan limitar la operación, mantenimiento o expansión, tales como elevadores, muros externos, etc, así como contemplar una adecuada accesibilidad para equipos con sobredimensiones.

Tamaño. El requerimiento de espacio está íntimamente ligado con el plan de equipamiento e ingenierías, no solamente del equipo de telecomunicaciones (Gabinetes y/o Racks), sino también es necesario contemplar las áreas de soporte, tales como la sala de fuerza; así como espacios para equipos de aire acondicionado, en general, deberá proveer el espacio necesario para el equipamiento en general, así como los sistemas eléctrico, mecánico, etc. En el diseño arquitectónico es necesario se verifique la capacidad y escalabilidad del edificio, el cual deberá ser diseñado para contemplar el área necesaria para la redundancia del sistema eléctrico, aire acondicionado, etcétera, así como tomar en cuenta el área para el acomodo de un futuro crecimiento. La altura mínima entre piso técnico y plafón deberá ser de es de 2.6 metros, según el artículo 260.2.4 de la Norma Internacional para la construcción de centros de procesamiento de datos.

Es necesario considerar que el equipo que no corresponda al **DATA CENTER**, deberá de estar contenido en cuartos o salas separados; por ejemplo equipo eléctrico (Sala de Fuerza), sala para equipo de aire acondicionado, área para grupo electrógeno, etc., ello con el fin de evitar el ingreso de personal y material que afecte el funcionamiento del **DATA CENTER**.

Diseño Exterior. En cuanto a la ubicación geográfica del **DATA CENTER** se debe buscar la edificación que mejor se adapte a las necesidades, ya sea para alquilar o comprar. Las dependencias deben de disponer de una doble acometida eléctrica, muelle de carga y descarga, montacargas, puertas amplias y almacenes.



El **DATA CENTER** debe construirse considerando los riesgos naturales de la ubicación, nivel de riesgos por sismos, huracanes, inundaciones, vientos, y volcanes deberán tomarse en cuenta al momento de adquirir el terreno, o bien al contratar los servicios de hospedaje.

Además de los riesgos naturales, es importante considerar los riesgos que puedan generar los elementos colindantes con el **DATA CENTER**. Existen estándares que sugieren las distancias mínimas y máximas entre el **DATA CENTER** y los elementos de riesgo y de soporte.

Entre los elementos de alto riesgo se encuentran: aeropuertos, plantas nucleares, tanques de almacenamiento de combustibles, gasolineras, zonas de conflictos sociales, entre otros.

Por otro lado, los elementos de soporte que deben tenerse a cortas distancias son: estación de bomberos, policía, hospitales, entre otros.

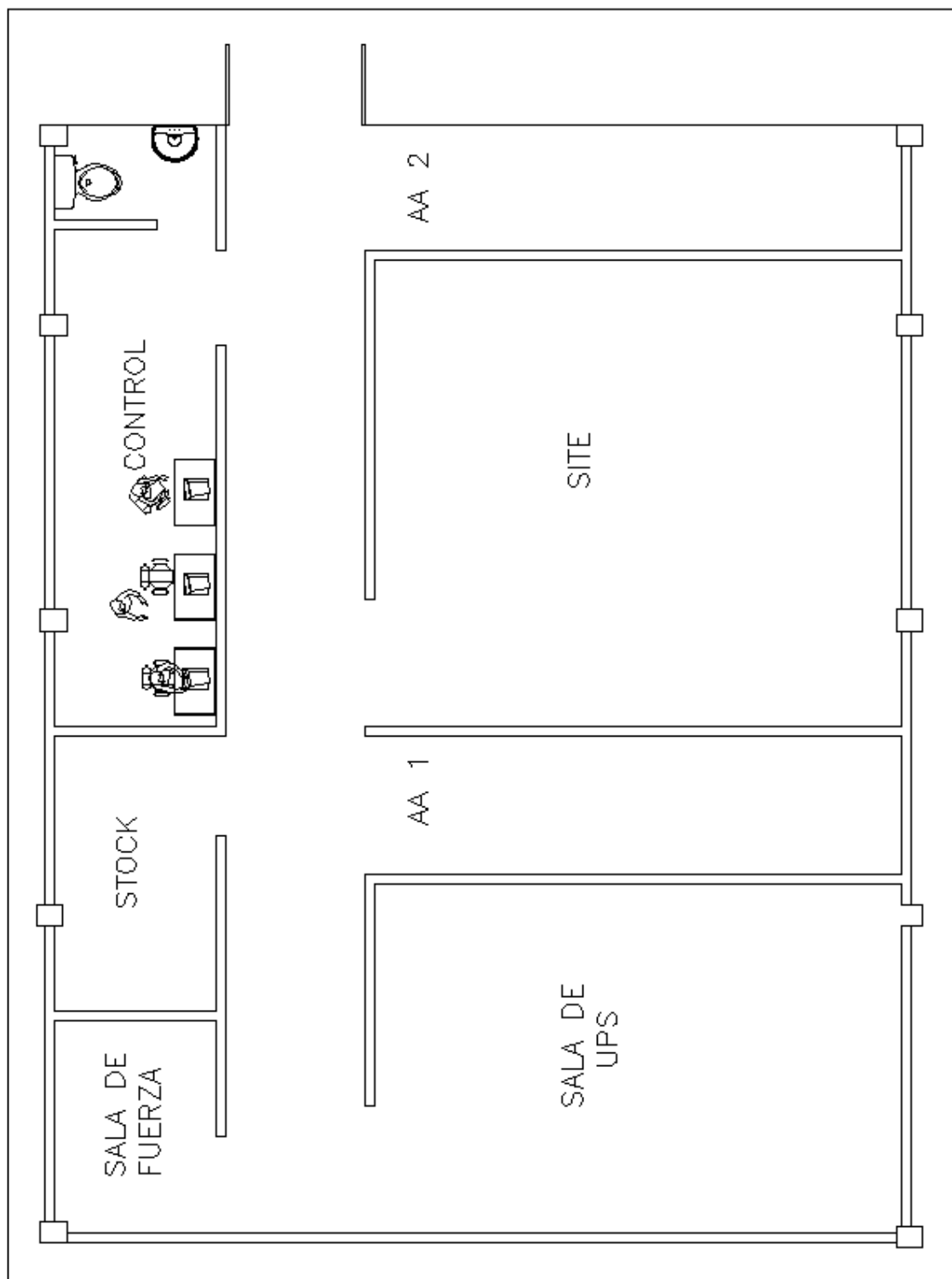
Perímetros de Seguridad.

Un **DATA CENTER** debe de contar con una barda perimetral de al menos 3 metros de altura. Misma que podría reforzarse con cables electrificados, sensores de movimiento, y otros sistemas avanzados de detección de intrusos.

Además, el acceso a vehículos, podrá reforzarse con un sistema de esclusas para su revisión interna y externa, así como el de los pasajeros y sus herramientas, mediante detectores de metales. La identificación de los visitantes con documentos oficiales, y registro del motivo de la visita autorizada, será de vital importancia para controlar el acceso al **DATA CENTER**.



DISEÑO ARQUITECTÓNICO





3.2. Diseño Civil.

El diseño del edificio deberá contemplar los requerimientos estructurales de instalación, considerando la masa del equipo en general, así como el equipo eléctrico: UPS, bancos de baterías, transformadores, etc, así como el esfuerzo mecánico ejercido por su operación. El equipamiento deberá estar montado en elementos de soporte adecuados para minimizar los efectos de la vibración. La construcción del edificio deberá ser provista de una protección contra el efecto de radiación electromagnética, por lo que es recomendable realizar la construcción con acero.

3.3. Diseño Mecánico.

El edificio para el **DATA CENTER** requiere un área asignada para el equipo tal como unidades condensadoras, torres de enfriamiento, así como ventiladores, los cuales acondicionarán y controlarán la temperatura óptima para el funcionamiento del equipo eléctrico y electrónico. Si el equipo de aire acondicionado fuese existente, se aplicará un mínimo de 10 metros cuadrados por tonelada de refrigeración incluyendo el **DATA CENTER** y las áreas de soporte.

3.4 Requerimientos previos al diseño eléctrico.

Al elegir la ubicación del edificio para el **DATA CENTER**, la compañía suministradora deberá proveer la capacidad eléctrica necesaria para su funcionamiento y su futuro crecimiento, así como garantizar una buena calidad de la energía suministrada, asimismo es importante verificar que no comparta la utilidad con instalaciones industriales que contribuyan con armónicos o transitorios a la red eléctrica.



Se debe de tener especial cuidado en la instalación eléctrica, ya que el diseño deberá contemplar la capacidad, crecimiento, mantenimiento y redundancia de la instalación, ya que la carga eléctrica del **DATA CENTER** seguramente se incrementará con el paso del tiempo.

En cuanto a los alimentadores principales preferentemente deberán ser enterrados a efectos de minimizar la exposición a los efectos de intemperie, árboles o vandalismo.

3.4.1. Selección del generador.

Debido a que en la interacción entre el generador y el sistema de UPS puede causar problemas si el generador no es seleccionado adecuadamente, los generadores propuestos deberán ser elegidos para soportar los efectos de la corriente de armónicos debida a la operación del sistema de UPS, las cargas de computadoras y equipo electrónico. En caso de contar con generadores en paralelo, deberá contar con controles para una sincronización manual y automática. Debido a la rapidez en el arranque se recomienda un generador a diésel, y la cantidad de almacenamiento puede ser evaluada de 4 horas a 60 días.

3.4.2 Alumbrado de emergencia.

El alumbrado en las salas de UPS deberá contar con elementos que garanticen la iluminación del área en caso de falla, por lo que se deberá recurrir a las baterías individuales o a circuitos derivados de generadores de respaldo.



3.4.3 Respaldo con sistema UPS (uninterruptible power supply).

El Sistema del UPS deberá proporcionar el respaldo suficiente (en capacidad y tiempo) para que el sistema del generador pase del estado de reposo a tomar la alimentación eléctrica de la carga sin sufrir interrupción alguna. El sistema de UPS consiste en contemplar UPS individuales o módulos de UPS en paralelo, de igual manera se aplica a los bancos de baterías provistas para el sistema de ups. El criterio típico para la capacidad de ups varía entre 0.38 y 2.7 kW por metro cuadrado y deberá contemplarse al menos un 20% adicional en la capacidad del ups por crecimiento a futuro asimismo para no exceder la capacidad durante el pico de demanda máxima.

Para acondicionar el ambiente y temperatura de las salas de UPS y baterías, se realizará por medio de equipo de aire acondicionado de precisión, ello debido a que una desviación de 5 grados en la temperatura acorta la vida de las baterías a un año o menos.

3.4.4. Uso de unidades PDU (Distribución de fuerza a equipo de Telecomunicaciones).

Se debe de considerar el uso de unidades de distribución de fuerza PDU (Power Distribution Unit) para la distribución de energía al equipo electrónico de telecomunicaciones crítico en el **DATA CENTER**, el cual resulta más efectivo que el uso de tableros y transformadores. Los tableros de distribución que alimentan a los DPU pueden ser montados en una sala de fuerza remota. En la mayoría de los **DATA CENTER** cada rack es alimentado eléctricamente por un circuito dedicado por lo menos, el cual contará con una canalización dedicada de igual manera.



3.5 PUESTA A TIERRA.

El calibre del conductor de puesta a tierra deberá ser al menos de 4 AWG de cobre desnudo, enterrado a 1 metro de profundidad. El aterrizaje de las columnas de acero del edificio deberá estar conectado a la malla del general del sistema de tierras. Ninguna sección del sistema de puesta a tierra deberá exceder 5 [Ohms].

En cuanto al interior del **DATA CENTER**, en la sala de comunicaciones, consiste en una malla de 9 por 10 metros y el calibre no deberá ser menor al calibre 6 AWG o equivalente. El conductor de cobre podrá ser desnudo o preferentemente aislado para evitar contactos intermitentes e involuntarios.



CAPÍTULO 4. EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO

A continuación se indica el equipamiento eléctrico que es susceptible de elección en la instalación eléctrica de un DATA CENTER.

4.1 TRANSFORMADOR.

Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño y tamaño, entre otros factores.

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo. El núcleo, generalmente, es fabricado bien sea de hierro o de láminas apiladas de acero eléctrico, aleación apropiada para optimizar el flujo magnético. Las bobinas o devanados se denominan *primario* y *secundario* según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. También existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario



4.2 PLANTA DE EMERGENCIA.

Una planta de emergencia, o también llamado grupo electrógeno, es una máquina que consta de un motor-generator, cuya finalidad es transformar la energía térmica de la combustión de un combustible en energía mecánica y esta a su vez transformarla en energía eléctrica, a través de un generador eléctrico.

Su función es suministrar energía eléctrica; la condición bajo la cual opere, está gobernada por las necesidades de la entidad que la requiera, es decir se puede ocupar para proporcionar energía en lugares donde no hay red eléctrica o no existe la acometida para el suministro de la energía eléctrica. También es muy común y es la finalidad del presente proyecto; la instalación de plantas de emergencia, se proponen como suministro de energía eléctrica como respaldo, cuando se tiene falla de energía eléctrica, en el sistema principal, en nuestro caso, por parte de la compañía suministradora "CFE". Por tal motivo se entiende que su uso es por tiempos relativamente cortos.

El número y capacidad de la o las plantas de emergencia, será definida por la carga que se debe respaldar, existiendo en el mercado una gran variedad para cada uso determinado. Entre los principales parámetros que haremos referencia será: potencia del motor, comúnmente especificada en HP, capacidad de suministro de la planta, especificada en kW.

Clasificación de plantas de emergencia por su operación.

Stand By (emergencia): Salida disponible con carga variable durante la interrupción del suministro comercial. La potencia entregada promedio es aproximadamente el 70% del valor nominal. El periodo de operación es en promedio entre 200 y 500 horas por año.



Prime (continuo): Potencia disponible con carga variable durante tiempo ilimitado. La demanda típica es del 100% de la capacidad total con la capacidad del 10% de sobrecarga para uso de emergencia en un lapso no mayor de 1 hora en periodos de 12 horas. El tiempo de sobrecarga no debe exceder 25 horas por año.

Sus principales componentes son:

Tanque de combustible: El tamaño depende del tiempo de respaldo que se requiera, así como de la potencia de la planta. Existen plantas a base de gasolina y diésel, este último resulta ser el más común, debido a que desarrolla mayor potencia, tiene mayor relación de compresión y mayor eficiencia.

Motor de combustión interna: Es donde se lleva a cabo la combustión para generar la potencia mecánica posible para hacer funcionar el generador.

Sistema eléctrico: Consta del sistema de arranque, que a su vez necesita de una marcha, y baterías que proporcionan la energía suficiente para iniciar el funcionamiento del motor y ponerlo en marcha.

Generador: Cuya finalidad es producir corriente eléctrica a través de la interacción electromagnética de sus bobinas y el campo magnético.



Fig. No. 15. Planta de emergencia 900 KW. SELMEC.

4.3 TABLEROS DE TRANSFERENCIA.

Ante la necesidad de la continuidad del servicio, el tablero de transferencia resulta ser una opción en la que múltiples inmuebles han encontrado lo ideal.

Cuando se tiene un corte inesperado por parte de la compañía y tenemos a nuestro servicio una planta de emergencia; esta puede operar de forma manual o automática, lo ideal es que se de esta última. El tablero de transferencia es un dispositivo eléctrico, el cual tiene la opción de alimentar a una carga de dos distintas fuentes, como lo son la compañía suministradora, conocida como alimentación o energía “normal” y una planta de emergencia, también llamada alimentación “emergencia”.



Fig. No 16. Tablero de Transferencia ASCO

Hoy en día, en el mercado existen múltiples opciones, cada una con su característica única que la hace ideal para su propósito. Pero generalmente se componen de contactores, que al cerrarse alimentará la carga través de la alimentación requerida. Una parte esencial del tablero de transferencia es su lógica (mecánica o electrónica) para asegurar que ambas fuentes no cierren al mismo tiempo.

4.4 TABLEROS ELÉCTRICOS.

Los tableros eléctricos son equipos pertenecientes a los sistemas eléctricos y están destinados a cumplir con algunas de las siguientes funciones: medición, control, maniobra y protección.

Constituyen uno de los componentes más importantes de las instalaciones eléctricas y por ende están siempre presentes en ellas, independientemente de su nivel de tensión, su tipo o tamaño. Los tableros adquieren las más variadas formas



y dimensiones de acuerdo con la función específica que les toque desempeñar, como pueden ser aquellos que se emplean en los distintos tipos de inmuebles (viviendas, sanatorios, escuelas, estadios deportivos, industria, etc.)

Se puede afirmar que no es posible la ejecución y funcionamiento de ningún tipo de instalación eléctrica sin la utilización de alguna clase de tablero. Es por ello que consideraremos que el conocimiento en sus diversos aspectos, es de fundamental importancia para los que tienen que trabajar en las instalaciones eléctricas.

Requerimientos para tableros

Los aspectos fundamentales que definen y califican un tablero para uso en una instalación eléctrica son:

- Seguridad de quien lo opera.
- Continuidad del servicio.
- Funcionalidad eléctrica y mecánica.
- Solidez estructural.
- Intercambiabilidad de sus componentes.
- Terminación superficial.
- Grado de protección mecánica.

Estas son las características más importantes, cualquiera sea la clasificación dentro de la que se encuentre el tablero.

En cada caso las normas respectivas recomiendan o especifican las pautas de diseño y ensayo para garantizar niveles satisfactorios de seguridad y calidad.



Forma constructiva.

La forma constructiva de los tableros está dada fundamentalmente por su funcionalidad, el montaje y las condiciones ambientales del lugar en donde se va a montar. A los fines de ir centrándonos en nuestro tema podemos decir sin lugar a dudas que un tablero eléctrico está compuesto de dos partes.

- Gabinete, armario o caja (nombres dados indistintamente a la estructura).
- Componentes.

Pueden ser: los aparatos de maniobra (llaves, interruptores, interruptores de escalera, etc.), los aparatos de protección (fusibles e interruptores automáticos) y los aparatos de medición (medidores de energía eléctrica, amperímetros, voltímetros, transformadores de intensidad, etc.)

Normatividad.

Las normas industriales para gabinetes eléctricos existen para promover la seguridad, alentar la eficiencia en el diseño y definir los niveles mínimos de rendimiento del producto. Por estos motivos, en las industrias eléctricas de Europa y Norteamérica se hacen cumplir varias normas. En el mercado mundial, es posible que se sigan estas u otras normas o que no haya normas en absoluto, lo que puede conducir a amplias variaciones en el rendimiento y el precio de los productos. En muchos casos, el cliente final no sabe de las normas o no las entiende claramente y, por lo tanto, no insiste en que sus proveedores proporcionen productos que cumplan con ellas. El enfoque exclusivo en precios bajos sin entender por completo ni exigir normas industriales puede verse como un costo inicial bajo del producto, pero podría finalmente conducir a altos costos de mantenimiento, falla del producto y en el peor de los casos, problemas de seguridad de los trabajadores.



Norma 60529 de la International Electrotechnical Commission (IEC)

La IEC es la organización líder en el mundo que elabora y publica normas internacionales para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y afines, lo que se llama colectivamente electrotecnología.

La norma IEC 60529 incluye una lista de códigos, llamados números característicos (Characteristic Numerals), que se usan para identificar niveles de protección contra el ingreso. Normalmente conocida como la Protección IP, estos códigos reflejan la capacidad del gabinete eléctrico de proteger contra el acceso a partes electrificadas por parte de personas, herramientas, humedad, polvo o suciedad

La Norma 250 de la National Electrical Manufacturer's Association (NEMA)

NEMA promueve la competitividad de todos los productos de la industria eléctrica de los EE.UU. a través del desarrollo, la defensa en las legislaturas federal y estatal y las agencias ejecutivas, y la recolección y el análisis de datos económicos.

Similar a la IEC 60529, la norma NEMA 250 cubre gabinetes para equipo eléctrico. Igual que la IEC 60529, NEMA 250 se ocupa de la protección contra el ingreso, pero difiere en que también se ocupa de las especificaciones que detallan los criterios mínimos de la construcción, el rendimiento, de pruebas, la resistencia a la corrosión y mucho más. Aun cuando su comienzo está basado en los Estados Unidos, NEMA es una organización global que trabaja para promover las normas eléctricas en todo el mundo.

Normas Underwriter Laboratories® (UL) 50, 50E

Underwriters Laboratories® es una organización de certificación independiente de seguridad de productos que ha probado productos y escrito normas de seguridad



durante más de un siglo. UL evalúa anualmente más de 19,000 tipos de productos, componentes, materiales y sistemas, y más de 21 mil millones de marcas de UL aparecen anualmente en los productos de 72,000 fabricantes.

Las normas UL 50, 50E se basan en las normas NEMA 250. Mientras que se ocupan de muchos de los mismos puntos, NEMA simplemente indica la intención del diseño pero no exige el cumplimiento a través de las pruebas de un tercero y visitas de cumplimiento en el sitio.

Se puede construir un producto de acuerdo a las normas NEMA, pero el cumplimiento del rendimiento real está a discreción del fabricante. Sin embargo la certificación UL es una confirmación formal de que se ha cumplido con la construcción y el rendimiento exigidos después de que se hayan efectuado análisis y pruebas. Resumiendo, ambas, NEMA y UL definen normas, pero sólo UL hace cumplir sus normas mediante pruebas y la inspección de terceros.

Clasificación.

Una clasificación bastante elemental es la que podría surgir de la función que deben cumplir, así podríamos decir que pueden estar destinados a: distribución, medición, control, comando y protección de la energía eléctrica, como también para usos especiales o particulares. Si aceptamos estas funciones, se debería pensar que estas pueden no ser exclusivas o puras, es decir, que en un mismo tablero se puede encontrar más de una función o la combinación de ellas.

Tablero principal

Es el que recibe la alimentación de la energía eléctrica directamente desde los bornes del medidor, alimentando las líneas seccionales y de los circuitos. Valen las



consideraciones hechas para los de medición en cuanto a cantidades de componentes.

Tablero seccionado

Es el que, siendo alimentado por las líneas seccionales, puede derivar en otras líneas también seccionales o de circuito. Estos tableros pueden estar separados o bien integrados, dependiendo de las características constructivas del inmueble.

Tablero de medición

Es el que aloja al medidor de la energía eléctrica, que en el caso de una vivienda unitaria contiene uno solo de estos instrumentos o equipos. Cuando se trata de viviendas múltiples, contiene la misma cantidad de medidores que de unidades habitacionales más el de los servicios generales o sea los destinados a ascensores, luces de los pasillos, bombas del sistema de agua, rampas para automóviles, etc.

Es necesario destacar que en los inmuebles destinados a viviendas múltiples este tipo de tablero puede contener el tablero principal o ser parte de él. Los medidores de la energía eléctrica cuentan con gabinetes especiales para su montaje. Estos pueden ser metálicos o de material plástico. Al respecto es necesario destacar que las diversas empresas distribuidoras de la energía eléctrica tienen distintas exigencias en cuanto a la disposición de los elementos y dimensiones mínimas.

Estos gabinetes se fabrican para montar un solo medidor, como sería el caso de una vivienda individual o bien mediante una composición de los mismos para armar un tablero de medidores en un edificio de viviendas múltiples.

Tablero de baja tensión.

En este caso es posible encontrar los siguientes tipos: medición de la energía eléctrica, que puede ser simple o múltiple dependiendo del número de usuarios o viviendas, tablero principal y tablero seccionado.



Fig. No. 17. Tablero de baja tensión. Square D.

4.5 UPS

La unidad de energía ininterrumpida, UPS por sus siglas en inglés (Uninterruptible Power Supply). Es un dispositivo eléctrico que provee una energía con dos grandes cualidades: libre de disturbios e inmune a los cortes de energía externos.

Aunque el avance tecnológico ha generado enorme cantidad de modelos, capacidades y características; en esencia se compone de 4 bloques: rectificador, banco de baterías, un inversor y un swith estático de transferencia.

El sistema de baterías se carga continuamente, siempre que haya una alimentación eléctrica, ya sea por parte de la compañía o un grupo electrógeno; cuando se produce una falla en la alimentación eléctrica del ups, un circuito de disparo

transfiere la carga del sistema de alimentación alterno al sistema de baterías, casi instantáneamente, logrando que no se pierda la energía eléctrica y que, en nuestro caso, el centro de datos continúe operando.

Existen diversos tipos, en cuanto a la configuración interna y tiempo de respuesta, en los que no adentraremos, ya que no es la finalidad de la tesis; pero destacamos sus principales modos de operación.

Normal: El equipo recibe directamente energía de la fuente principal y entrega energía regulada desde el inversor. Batería. A causa de una falla presentada en la fuente principal, el equipo estará recibiendo energía instantáneamente del banco de baterías. Cabe señalar que es importante considerar el alcance de las baterías en tiempo de respaldo.

By pass: La carga es alimentada directamente de la fuente principal sin protección de baterías. Esta condición de operación del sistema podría ser causada por una falla en el inversor del equipo, capacidad excedida del equipo o transferencia manual del equipo; que intencionalmente se haya realizado por mantenimiento.



Fig. No. 18. UPS de 650 kVA. EATON



4.6 BANCO DE BATERIAS

Las baterías forman una parte importante de los centros de datos, ya que tienen como función principal almacenar la energía que se utiliza en el disparo de los interruptores, UPS's, plantas de corriente directa, etc, por lo que deben hallarse siempre en óptimas condiciones de funcionamiento. Dichas baterías forman parte de los servicios auxiliares de la subestación.

En las subestaciones se pueden instalar baterías del tipo ácido ó alcalino. Antiguamente se instalaban en la mayoría de los casos las de primer tipo por ser las más baratas y tenían una larga vida útil, la cual es ligeramente inferior a las alcalinas. Una ventaja de las del tipo ácida es su característica constructiva que permite conocer el estado de la carga que almacena la batería en función de la densidad del electrolito, pero tienen otros inconvenientes, como el mantenimiento, se necesita disponer de locales más amplios y que reúnan ciertas condiciones.

En la actualidad se emplean los acumuladores alcalinos (*níquel-cadmio*), pero todavía es posible encontrar los primeros. Las baterías se instalan en un cuarto cerrado, que forma parte del edificio principal de la subestación, y lo más cerca posible de los tableros para reducir al máximo la longitud de los cables y por lo tanto la posibilidad de la aparición de sobretensiones, por acoplamiento capacitivo o inductivo.

4.7 PDU'S (POWER DISTRIBUTION UNIT)

Se trata de un equipo dispuesto con una entrada y múltiples salidas para alimentar a los servidores dentro de un centro de datos, dependiente de la aplicación este



equipo puede estar construido dentro de un gabinete donde se alojan transformador reductor y tableros derivados.



Fig. No. 19. PDU. 480 – 220 V. Emerson.

Estos equipos ofrecen generalmente las facilidades para realizar la distribución, protección, monitoreo versatilidad, espacio, etc, dentro de los centros de datos lo que lo hacen un componente de gran importancia.



CAPÍTULO 5. CLIMATIZACIÓN EN CENTROS DE DATOS.

La climatización es un proceso de tratamiento del aire para establecer las condiciones ambientales apropiadas para fines domésticos, comerciales, industriales, de salud y ocio, mediante el control de la temperatura, humedad, calidad y distribución del aire en un determinado ambiente, teniendo como objetivo tanto el confort de personas y animales, como satisfacer las necesidades de determinado proceso o producto.

Los sistemas de climatización dependen de varios factores:

- Su función (climatización de confort; industrial)
- Época del año (sistemas de invierno; verano; integrados verano/invierno)
- Tipo de equipos: sistemas centrales, individuales o combinados

Cargas térmicas.

La determinación de las cargas térmicas es necesaria para la evaluación de las necesidades de calefacción y refrigeración en el local a climatizar, así como para la selección de los equipos de acondicionamiento.

“Ganancia o pérdida de calor” es la cantidad instantánea de calor que entra o sale del espacio a acondicionar. “Carga real o efectiva” es, por definición, la cantidad instantánea de calor añadida o eliminada por el equipo. La ganancia instantánea y la carga real rara vez serán iguales debido a la inercia térmica o efecto de almacenamiento o acumulación de calor en las estructuras del edificio que rodean el espacio acondicionado.



Fuentes de carga térmica

El estudio riguroso de los componentes de carga en el espacio que va a ser acondicionado es fundamental y por este motivo debe hacerse una estimación realista de las cargas de refrigeración y de calefacción. Forman parte de este estudio los planos de detalles mecánicos y arquitectónicos y en todo caso deben considerarse los siguientes aspectos físicos:

- Orientación del edificio
- Destino del local
- Dimensiones del espacio
- Altura del techo
- Materiales de construcción
- Condiciones ambientales.
- Ventanas
- Puertas
- Ocupantes
- Alumbrado
- Motores
- Utensilios, maquinaria comercial, equipo electrónico
- Ventilación
- Almacenamiento térmico
- Funcionamiento continuo o intermitente

Estimación de la carga del acondicionamiento de aire

La estimación de la carga sirve de base para seleccionar el equipo de acondicionamiento. Debe tenerse en cuenta tanto el calor procedente del exterior



como el que se genera en el interior del local, así como sus cargas para evaluar la ganancia o pérdida de calor del espacio a climatizar.

Los sistemas de climatización central se aplican en espacios de grandes dimensiones para los cuales las necesidades energéticas son muy elevadas. Los de climatización individual se aplican en pequeños espacios y los combinados se aplican en espacios de grandes a pequeñas dimensiones.

La importancia de la climatización de espacios CPD

El mantenimiento preciso de las condiciones ambientales es muy importante en los espacios CPD porque garantizan la integridad de su información y la confiabilidad de la operación de los equipos electrónicos por mucho tiempo; esto garantiza óptimas condiciones de funcionamiento de los equipos.

El aire acondicionado de precisión es esencial para asegurar un ambiente correcto de los equipos electrónicos. El sistema "Close Control" está preparado para mantener a través del control micro procesado la temperatura y humedad óptimas requeridas para el funcionamiento eficaz de los sistemas electrónicos. Para poder mantener el nivel de temperatura adecuado y el grado de humedad dentro de los límites medios, se proponen dotaciones de equipos de climatización específicos para salas informáticas, controlado por microprocesador, capaz de producir frío, calor y humidificar o deshumidificar de forma automática dentro de unos márgenes de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ y $\pm 2\%$ HR (Humedad Relativa) para valores de funcionamiento previstos de 21°C y 60% HR. El aire acondicionado de la sala del CPD debe ser independiente del aire general del edificio.



Fig. No. 20. Sistema de enfriamiento de precisión. Liebert.

Aire acondicionado de precisión vs “confort”

No se debe climatizar un CPD por pequeño que sea, con un sistema de aire acondicionado de confort. Existe una gran diferencia entre climatizar equipos electrónicos y proporcionar un ambiente agradable para el confort de las personas. Para empezar, la gente agrega humedad al ambiente de una habitación y los equipos no. De tal manera que se debe tomar en consideración el “enfriamiento latente” (la habilidad de remover la humedad) y el “enfriamiento sensible” (la habilidad de remover el calor seco). Los aires acondicionados de ventana y los sistemas centrales en los edificios de oficinas están diseñados con una relación de enfriamiento sensible de alrededor de 0.60 a 0.70. Lo anterior significa que el 60-70% del trabajo que un sistema de confort hace es remover calor y el otro 30-40% es remover humedad. Eso es suficiente para una habitación llena de gente con un tráfico moderado entrando y saliendo de la misma. En cambio, el aire acondicionado de precisión tiene una relación mucho más alta de enfriamiento sensible a



enfriamiento total de 0.85 a 0.95. Esto es, el 85-95% del trabajo del sistema de precisión se dedica al enfriamiento efectivo del aire y apenas el 5-15% a remover la humedad. Es decir, que hay dos cosas importantes a la hora de enfriar un CPD:

- 1) Se tendrá que instalar mayor capacidad de aire acondicionado de confort para obtener los mismos resultados que con un sistema de aire acondicionado de precisión.
- 2) Un sistema de confort extraerá la humedad por debajo de los límites aceptables para la operación eficiente de sus equipos. Lo cual significa que, o se expone a los problemas ocasionados por un ambiente muy seco, o tendrá que adquirir sistemas de humidificación adicionales. Con un sistema de precisión no existen tales problemas. Por un lado, no extraerá tanta humedad de aire y por otro, viene provisto de un sistema de humidificación integral que mantendrá, pase lo que pase, la humedad relativa exigida por los fabricantes de CPDs.

Otra gran diferencia entre sistemas de confort y de precisión es el volumen de aire que deberá moverse. Un sistema de precisión lo hará a través de los serpentines de enfriamiento a casi el doble de volumen que un sistema de confort para alcanzar su alta relación de enfriamiento total, manejar la densa carga térmica en los CPD y mantener, estrictamente, los niveles de temperatura y humedad relativa programados previamente. El movimiento de volúmenes mayores contribuye también a una mejor filtración de aire.

Importancia del control de la humedad

Si la humedad en el CPD sube mucho, se van a producir serios problemas en el manejo del papel y de condensación en las partes electrónicas. Si el ambiente se vuelve muy seco, la electricidad estática resultante del contacto de un simple dedo puede dañar irreparablemente los componentes y alterar la información. Además,



sus medios de almacenamiento de datos pueden sufrir pérdida de oxidación, lo que aumenta la posibilidad de pérdida o alteración de la información.

Se recomienda una humedad relativa de 45%, con variantes no mayores de $\pm 5\%$ para un Sistema de Aire Acondicionado de Precisión. Tiene la exactitud y precisión necesarias para lograr tal objetivo y puede operar en el “modo” requerido (humidificación, enfriamiento o calefacción) para mantener el ambiente dentro de los parámetros seleccionados. Los sistemas de confort no tienen esta capacidad.

Importancia de la filtración del aire

El polvo puede arruinar la información y los componentes del equipo de cómputo. El polvo en las cabezas lectoras de sistemas de disco y cintas magnéticas puede dañar físicamente los mismos. Las partículas se acumulan rápidamente en los componentes electrónicamente cargados y la capacidad de disipación del calor disminuye causando que las partes afectadas trabajen a una temperatura superior a las especificaciones de diseño, causando el deterioro del mismo. La aplicación de filtros en un Sistema de Precisión (eficiencia alrededor del 40%) minimiza los efectos de deterioro causado por el polvo anteriormente mencionado.

5.1 EQUIPAMIENTO DE AIRE ACONDICIONADO.

Existen diversos tipos de equipamientos con diferentes modos de producción de agua refrigerada; se pueden encontrar en el mercado los siguientes tipos:

- De expansión directa con condensador enfriado con aire.
- De expansión directa con condensador enfriado con agua fría en la torre de enfriamiento.



- De doble fluido: expansión directa con condensador enfriado con aire y unidad productora de agua refrigerada.
- De doble fluido: expansión directa con condensador enfriado con agua fría en la torre de enfriamiento y unidad productora de agua refrigerada.
- Con sistema de free-cooling.

Las unidades más utilizadas son de expansión directa y funcionan de acuerdo con los principios de un sistema “bomba de calor” con dos circuitos de distribución de aire ambos aislados por medios mecánicos.

En el proceso de refrigeración el circuito interno de distribución de aire retira el calor de los componentes eléctricos y electrónicos para la máquina de acondicionamiento de aire. El aire se enfría y deshumidifica dentro de la unidad de refrigeración y después es insuflado hacia el interior de la sala. El circuito externo de distribución de aire utiliza el aire exterior para enfriar el condensador y de esta manera enviar el calor del sistema para la atmósfera. El ventilador del circuito interno de distribución de aire está siempre en funcionamiento desde que éste esté alimentado eléctricamente. El termostato de este circuito regula el compresor y el ventilador del circuito externo de distribución de aire.

Distribución de aire acondicionado.

El mantener la temperatura adecuada dentro del centro de datos es un tema crucial, y uno de los métodos para conseguir este objetivo es la utilización de pasillos calientes y pasillos fríos (HA / CA) para distribuir flujo de aire de una manera eficaz.

La mayoría de los dispositivos del centro de datos toman aire fresco por la parte frontal y expulsan el aire caliente por la parte trasera, así que alternando la orientación de pasillos se facilita de forma natural el flujo de aire.

La TIA 942 incorpora especificaciones para fomentar el flujo de aire y la reducción de la cantidad de calor generado por los equipos o dispositivos. Este estándar recomienda el uso de una refrigeración adecuada para los dispositivos, así como la utilización de un sistema de piso técnico para más enfriamiento. Además, los gabinetes deben estar dispuestos de forma alterna para crear y pasillos calientes y fríos. En el pasillo frío, los gabinetes están dispuestos cara a cara (front to front). En el pasillo caliente, ellos están dispuestos espalda con espalda (rear to rear). También es recomendable el perforado baldosas en el piso técnico de los pasillos fríos o bien el uso de rejillas de inyección, lo que permiten que el aire frío para ser circular en la cara de los equipos. Este aire frío sobre el equipo y se expulsa en el pasillo caliente. En el pasillo caliente, no hay placas perforadas, lo que mantiene el aire caliente se pueda mezclar con el frío.

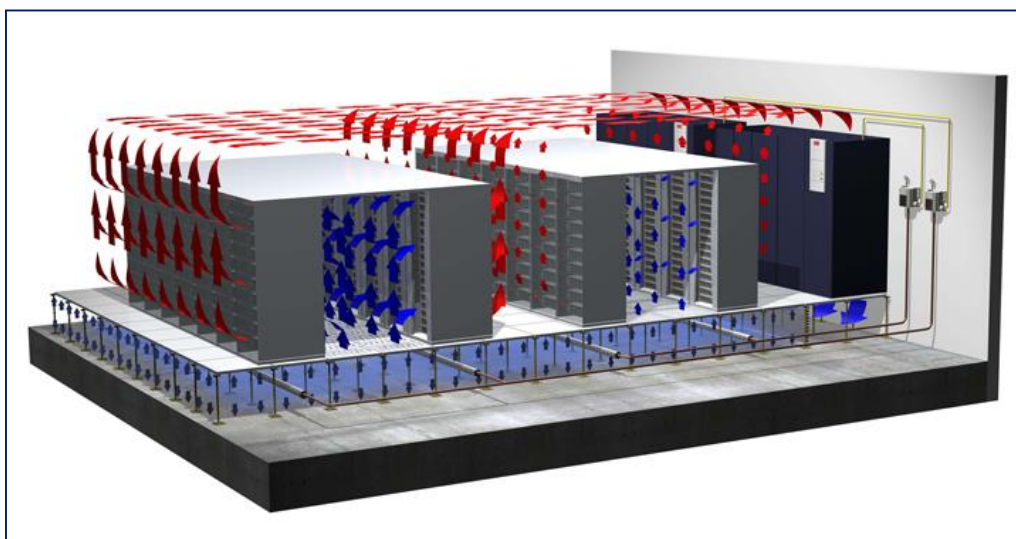


Fig. No. 21. Circulación de aire acondicionado dentro de un cuarto de comunicaciones.

La configuración de pasillo caliente- pasillo frio puede ser un método muy eficaz para reducir la mezcla de aire el enemigo de aire acondicionado eficaz, pero sólo cuando se aplica con estudio minucioso de las condiciones de enfriamiento y de la distribución de aire.



Es muy importante indicar que se trata más de la eliminación de calor que de la adición de frío, ya que el frío es la manifestación de la ausencia de calor, por lo que se puede incrementar o reducir el calor, pero no se puede hacer lo mismo con el frío. Entender esto es muy importante para plantear las estrategias de la reducción de temperatura

Existen otros factores que entran en juego, como la convección, obstrucciones, y la presión del aire. Algunos dispositivos, tal como muchos de los sistemas de red y de almacenamiento, pueden funcionar con un flujo de aire de lado a lado o incluso pueden expulsar el aire caliente por la parte superior del gabinete, y tomar aire frío desde la parte inferior. Por lo que antes de elegir cualquier disposición de los pasillos, es importante para entender completamente las características de flujo de aire de los equipos, y se debe tener cuidado de no mezclar los flujos de aire en un gabinete o pasillo.

La separación de los pasillos permite controlar más fácilmente la mezcla de aire caliente y frío, y ayuda a conseguir que el flujo de aire se pueda dirigir de forma más precisa. Otra ventaja es que el uso de pasillos calientes y fríos hace que sea fácil predecir el comportamiento de la temperatura del centro de datos, y reducir la humedad en la instalación, con lo que también se puede reducir costos de energía.

Si un centro de datos cuenta con muchos racks es necesario llevar a cabo un estudio de la dinámica de fluidos antes de realizar cualquier cambio de racks. Esto proporcionará datos importantes sobre las características del flujo de aire en la habitación, y la información puede ser utilizada para diseñar los pasillos y puede influir en cómo se equilibran las cargas de energía y calor a través de racks.

También es recomendable desplegar sensores de temperatura y humedad, especialmente aquellos con gama media y alta. La visibilidad de estos datos, junto



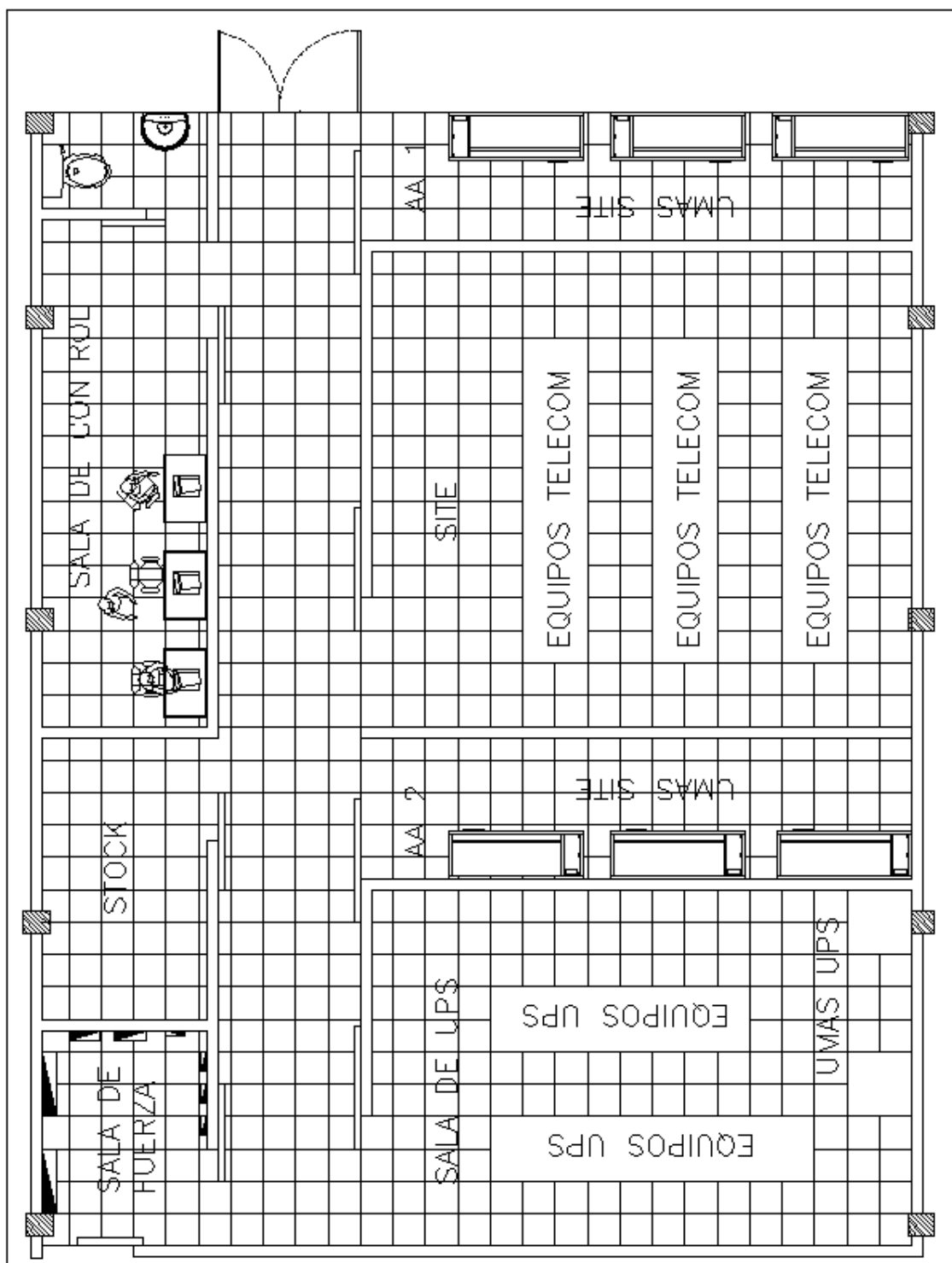
con la información de tendencia, puede ayudar a los administradores de centros de datos sean más proactivos en lo que respecta a la colocación de los equipos.

Recomendaciones:

- Instale puertas correderas o activadas por movimiento para regular la temperatura y bloquear las aberturas.
- Asegúrese de que no haya obstrucciones en piso técnico, a veces hay tal cantidad de cableado que el espacio para el flujo de aire está restringido, lo que reduce la eficiencia de enfriamiento.
- Aumentar el flujo de aire mediante el bloqueo de los escapes de aire innecesarios y/o el aumento de la altura del piso elevado.
- Repartir equipos en áreas no utilizadas del piso técnico, si el espacio lo permite.
- Utilice bastidores abiertos cuando la seguridad física no es una preocupación, o utilizar racks con malla en el frente y también en la parte posterior.
- Utilice placas perforadas con aberturas más grandes.



ACOMODO DE EQUIPAMIENTO ELECTRICO Y AIRE ACONDICIONADO.





CAPÍTULO 6. IMPLEMENTACIÓN ELÉCTRICA Y DE AIRE ACONDICIONADO DEL DATA CENTER.

6.1 NECESIDADES DE IMPLEMENTACIÓN DE UN *DATA CENTER*

El centro de datos es un recurso clave. Muchas organizaciones simplemente paran cuando sus empleados y clientes no pueden acceder a los servidores, sistemas de almacenaje y dispositivos de red que residen ahí. Literalmente, algunas empresas, como grandes bancos, líneas aéreas, consignadores de paquetes, compañías telefónicas, gobierno, bolsas de valores, agentes de bolsa en línea, etcétera; pueden perder millones de dólares en una sola hora de tiempo de inactividad. Dadas estas consecuencias, un atributo clave del centro de datos es la confiabilidad. Otro es la flexibilidad. Las necesidades del futuro tal vez no sean las mismas que las actuales. Los avances tecnológicos, las reestructuraciones organizativas e incluso los cambios en la sociedad en general pueden imponer nuevas exigencias. No es una tarea simple o insignificante diseñar y construir un centro de datos que satisfaga estas necesidades. Sin embargo, si está informado, la tarea puede resultar más fácil de lograr.

De lo anterior la necesidad de la implementación de un centro de datos que, en función de su confiabilidad se tendrá la garantía de la operación continua de los datos que en él se resguarden, surge de ahí la necesidad de implementar un sistema de medición de dicha confiabilidad.

6.2 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN.

A continuación se describe la filosofía de operación del sistema recordando que el diseño del mismo está pensado para que en ningún momento la carga crítica quede sin alimentación, siendo desde este punto de vista el objetivo principal.



Modo normal.

En este modo el sistema se encuentra alimentado a través de dos acometidas eléctricas de diferente fuente (en nuestro caso dos subestaciones distintas). En la acometida eléctrica se cuenta con dos ramales principales llamados “A” y “B” compuesto por transformador-transferencia-tableros-ups-distribución, donde cada ramal alimentará aguas abajo a la carga crítica.

La filosofía de operación básicamente consiste en que cada ramal sea redundante uno del otro; en otras palabras en caso de fallo de una acometida o equipo, el ramal restante tome la carga. Esto se logra tomando en cuenta que los equipos críticos poseen una fuente activa y una pasiva.

En el modo normal la carga total es repartida entre los dos ramales al 50% y la planta de emergencia en modo de espera considerando equipos de comunicaciones, iluminación y acondicionamiento. Es importante mencionar que una parte medular que se debe contemplar son transferencias inteligentes o un control maestro que revise los estados de cada componente del sistema y realice las operaciones correspondientes.



DIAGRAMA UNIFILAR PROPUESTO.

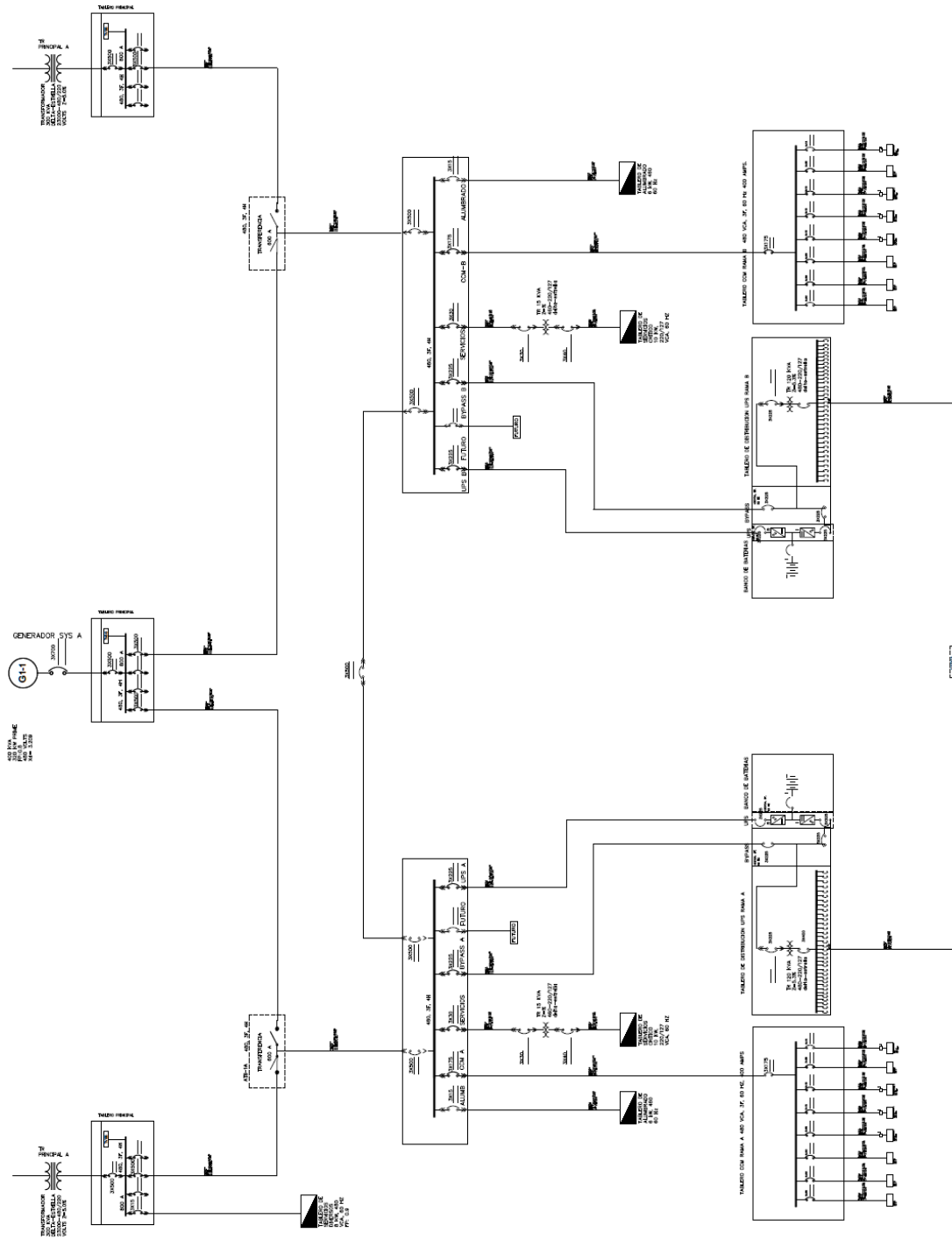


DIAGRAMA UNIFILAR DEL DATA CENTER



Falla de acometida “A”, acometida “B” disponible.

En caso de falla la acometida “A” entrará en función el UPS “A” respaldando la carga a través de los bancos de baterías instantáneamente, el control al detectar la falta de acometida “A” cerrará los interruptores de enlace entre la acometida “A” y “B” quedando así alimentado el tablero principal de la rama “A”.

Falla de acometida “B”, acometida “A” disponible.

En este caso aplicaría la misma filosofía del punto anterior.

Falla de ambas acometidas.

En caso de falla de ambas acometidas el control maestro manda a abrir los interruptores de enlace y alimentación normal y cierra los de emergencia poniendo en marcha la planta de emergencia, después del tiempo de arranque (tiempo en el cual actuarán los UPS) y que el grupo electrógeno alcance sus parámetros de operación, el control cerrará los interruptores de emergencia alimentando a ambos ramales. Al momento de que se reestablezca una o ambas acometidas se tendría que hacer el procedimiento inverso regresando al modo normal.

6.3 DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPO ELÉCTRICO

6.3.1 TRANSFORMADOR PRINCIPAL

Para el cálculo del transformador principal es necesario conocer el total de las cargas a instalar considerando cargas críticas y no críticas, lo cual se realiza mediante el siguiente listado.



Tabla No. 14. Concentrado de carga eléctrica total.

CONCEPTO	CARGA kW
CARGA CRÍTICA	108
AIRE ACONDICIONADO	117.72
ALUMBRADO DE EMERGENCIA	2
SERVICIOS CRÍTICOS	5
TABLERO ALUMBRADO NORMAL Y SERVICIOS	8
TOTAL	240.72

Considerando un factor de potencia de 0.9 y recordando que

$$S=P/FP=(240.72/0.9)= 267.5 \text{ kVA.}$$

Donde:

S= Potencia aparente en kVA.

P= Potencia real en kW.

FP= Factor de potencia.

Por lo que se considerará un transformador de 300 kVA's, dejando un 10% de su capacidad para fines de crecimiento.

6.3.2 PLANTA DE EMERGENCIA.

Para el dimensionamiento de grupo electrógeno es necesario realizar la revisión de las cargas críticas que soportará el equipo así como establecer los criterios de dimensionamiento de equipo.



Realizando la suma de las cargas de emergencia tenemos que:

Tabla No. 14. Concentrado de cargas críticas.

CONCEPTO	CARGA kW
CARGA CRÍTICA	108
AIRE ACONDICIONADO	117.72
ALUMBRADO DE EMERGENCIA	2
TOTAL	227.72

Es importante mencionar que de acuerdo a la secuencia de operación este equipo deberá respaldar el total de la carga crítica en caso de que fallen las dos acometidas comerciales.

Para el dimensionamiento de la planta de emergencia es indispensable tomar en cuenta dos consideraciones muy importantes; la capacidad de carga que tomará al arranque y el derateo a la que será sometida en el sitio de operación. Del primer punto es importante señalar que los equipos de aire acondicionado por su tipo de diseño tienen un arranque suave sin contar que en el CCM se deberán contar con arrancadores para asegurar dicho fenómeno. Por esta razón no será necesario el dimensionamiento del equipo a carga de arranque de motores (en nuestro caso los compresores de los equipos de acondicionamiento). Para el caso del derrateo (pérdida de capacidad del motor debido a la altura sobre el nivel del mar) se ha seleccionado un equipo que asegura dar la capacidad nominal arriba de los 3000 metros sobre el nivel del mar por lo que este punto tampoco tomado en cuenta.

De esta manera quedaría por considerar la carga adicional por parte del UPS al momento que la planta tome la carga.



Volviendo a la secuencia de operación en el caso de una falla de ambas acometidas, en primera instancia actuaran las fuentes redundantes de cada equipo crítico y en una segunda instancia los UPS para respaldar la carga a través de los bancos de baterías. Después de este suceso el equipo de emergencia arrancarían para que una vez que alcance los parámetros de operación (tensiones y frecuencia correctas) tome la carga total, en este punto es importante señalar que la carga total estaría repartida entre los dos equipos UPS por lo que esta carga no variaría. El punto que es importante tomar en cuenta es que al momento que la planta tome la carga los UPS iniciarían el proceso de recarga de baterías que si lo llevamos al extremo de su recarga; la planta de emergencia debe estar dimensionada para la capacidad de la recarga de baterías de la suma de ambos UPS's. De los datos del UPS; este considera una corriente nominal de 140 Amperes y una corriente máxima de 175 Amperes; que obteniendo la diferencia tenemos 35 amperes por carga de baterías, por lo que:

Tomando en cuenta que;

$$P = \sqrt{3} |V_L| |I_L| \cos \theta_p, \quad \text{considerando el factor de potencia unitario.}$$

$$P = 1.73(480)(35) = 29.064 \text{ kW}$$

Debido a que se trata de dos UPS.

$$P_{baterias} = 29.064 \times 2 = 58.128 \text{ kW.}$$



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UN DATA CENTER

De tal manera que al cuadro de cargas hay que sumar.

Tabla No. 14. Concentrado de cargas críticas totales.

CONCEPTO	CARGA KW
CARGA CRÍTICA	108
AIRE ACONDICIONADO	117.72
ALUMBRADO DE EMERGENCIA	2
RECARGA DE BATERÍAS	58.128
SERVICIOS CRÍTICO	5
TOTAL	290.848

Por lo que se debe contemplar un equipo que soporte la carga anterior en cierto caso por un tiempo indefinido.

Al seleccionar un equipo del mercado, el equipo que cumple con las necesidades es un equipo de 320 KW operación prime con las siguientes características.

Tabla No. 14. Características físicas y eléctricas de la planta de emergencia

TIPO DE OPERACIÓN	PRIME
CAPACIDAD	400 kVA, 320 kW
TENSIÓN DE OPERACIÓN	480 VCA
FRECUENCIA	60 HZ
FACTOR DE POTENCIA	0.8
CONSUMO DE COMBUSTIBLE	101.9 LTS/HR
ALTURA DE OPERACIÓN	HASTA 3048 M.S.N.M
COMBUSTIBLE	DIESEL
LARGO	2.87 METROS
ANCHO	1.622 METROS
PESO	2180 Kg



6.3.3 TANQUE COMBUSTIBLE.

El cálculo del tanque de combustible será considerando un tiempo mayor de 24 horas de operación continua a plena carga. De la hoja de datos del equipo se tiene que a plena carga el consumo de combustible es de 101.9 litros por hora por lo que:

$$\text{Consumo día} = 101.9 \times 24 = 2445.6 \text{ litros.}$$

Por lo que se considerará un tanque de combustible de 3000 litros.

6.3.4 TABLERO GENERAL.

Para el dimensionamiento de tableros principales es necesario conocer las cargas que estarán conectadas, para el caso de los tableros regulados se tienen la siguiente carga.

Tabla No. 14. Carga crítica para planta de emergencia.

CONCEPTO	CARGA kW
CARGA CRÍTICA	108
AIRE ACONDICIONADO	117.72
ALUMBRADO DE EMERGENCIA	2
RECARGA DE BATERÍAS	58.128
SERVICIOS CRÍTICO	5
TOTAL	290.848

De esta manera considerando la carga total de cada tablero de servicios y tableros de transferencia y de acuerdo al procedimiento indicado en el capítulo 5, se determina la capacidad en barras necesaria como la protección principal.

6.3.5 UPS.

Para el cálculo de equipo UPS se consideró un equipo de comunicaciones promedio entre la variedad de servidores de comunicaciones, almacenamiento, gestión, y operaciones múltiples en general de los centros de datos.

Para fines de cálculo se considera que cada equipo de comunicaciones que será instalado en el **DATA CENTER** deberá poseer una fuente activa y una fuente pasiva.

Fuente activa: significa que siempre está trabajando y el consumo total puede o no ser repartido con la otra fuente de poder.

Fuente pasiva: significa que está en modo de espera (sin consumo) y opera (toma carga), solo cuando la otra fuente de poder ha fallado.

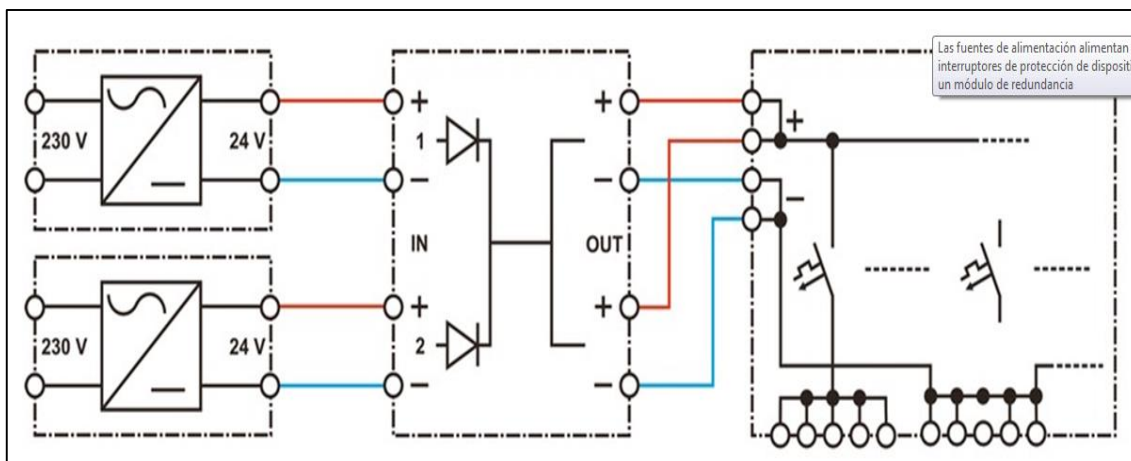


Fig. No. 21. Diagrama de operación de fuente redundante activa.

De esta manera se tomó como base la carga crítica el equipo HP storage Works P9500 el cual es un equipo de almacenamiento de datos con capacidad aproximada de 15 TB (terabytes) el cual a su vez almacena los controladores del mismo equipo y de la plataforma que se ensamble en su conjunto.



Este equipo cuenta con las siguientes características técnicas:

- Alimentación eléctrica 3 fases, configuración delta 208 volts $\pm 5\%$, 50/60 Hz,
- Potencia 5.5 KW máxima.

Así pues debido a que se está considerando un total de 10 servidores en operación y 5 a futuro la carga máxima estará dada de la siguiente manera:

$$P_{\text{total}} = 15 \text{ equipos} \times \text{carga máxima equipo} = 15(5.5) = 82.5 \text{ kW.}$$

Considerando que algún servidor o servidores que sumados con todos los equipos del centro de datos pudieran exceder esta carga máxima además de que el centro de datos requerirá energía regulada para gestión de equipos, control de equipos, control de accesos, etc. Se dimensionará el equipo UPS para operar con una carga del 80%.

$$\text{Por lo que la capacidad es UPS} = (82.5/0.8) = 103.125 \text{ kW.}$$

Con este dato se selecciona un equipo comercial de 120 kVA/108 kW con las siguientes características.

Entrada.

Tabla No. 2. Características de entrada del UPS

Tensión	480 VCA, 3 fases+ tierra
Rango de frecuencia	57-63 Hz
Distorsión de corriente	3% Thd a plena carga
Factor de potencia	potencia >0.99 atrasado a plena carga ; 0.98 a media carga
Corriente nominal	140 Amperes
Corriente máxima	175 Amperes (considerando recarga de baterías)
Dispositivo de protección recomendado	225 Amperes



Salida.

Tabla No. 3. Características de salida del UPS

Tensión	480 VCA, 60 Hz, 3 fases, 3 hilos+ tierra.
Rango de ajuste de tensión	$\pm 5\%$.
Regulación de tensión	1% para cargas balanceadas, 2% para cargas 10%
Distorsión de tensión	1 % para cargas lineales y menos de 4% para cargas no lineales.
Balance de fases	$120^\circ \pm 0.5^\circ$ para carga balanceada; $120^\circ \pm 1$ para carga desbalanceada.
Regulación de frecuencia	$\pm 0.05\%$.
Rango de factor de potencia	0.5 atrasado a 1.0 sin derateo.
Corriente de salida nominal	144 Amperes.
Dispositivo de protección recomendado	200 Amperes

Ambiente.

Tabla No. 4. Condiciones ambientales del UPS

Rango de temperatura	0-40 °c baterías de 20-30 °c.
Rango de humedad relativa	0-95%
Altitud de operación hasta	2000 metros sin derateo s.n.m
Disipación de calor	28700 BTU.

Baterías.

Se considera 16 minutos de respaldo con baterías de las siguientes características:



Por banco

Tabla No. 5. Características eléctricas del banco de baterías.

Tensión nominal	480 DC Volts (banco paralelo)
Tensión de máxima	Descarga 307 Volts DC.
Tensión de desconexión	350 Volts DC

Por batería

Tabla No. 6. Características eléctricas de una batería.

Tensión nominal	12 VCD.
Ah nominales	120.
Tensión de flotación	2.25-2.28 VCD.
Potencia por celda	506 Watts

Este equipo presenta la ventaja de acoplarse con los gabinetes de baterías-UPS-BYPASS – DPU lo cual ahorra espacio de instalación, acondicionamiento y materiales.

BYPASS Y GABINETE DE DISTRIBUCIÓN

By pass de mantenimiento.

El equipo consta de un sistema de secuencia de apertura y cierre de interruptores el cual asegura que en caso de requerir aislar el UPS para algún mantenimiento, esto se haga sin la interrupción de la energía. Esto se logra realizando el emparalelamiento de la red eléctrica comercial con el UPS en cuestión.



Transformador de aislamiento.

El transformador es del tipo seco enfriado por convección de aire, con una temperatura máxima de operación de 150 °C, construido en cobre, con factor K-7 para suprimir resistente a armónicas, con impedancia de 4.7 a 5.3 %, distorsión armónica de 0.5 % como máximo y eficiencia de 97 a 98 % a plena carga.

El equipo consta de 6 taps de ajuste de 2% 3 arriba y 3 abajo, protección térmica y sobre carga con capacidad de 120 kVA.

Panel de distribución.

El equipo consta de dos paneles de distribución montados verticalmente con interruptor principal de 150 amperes con 42 circuitos cada uno de donde será conectada la carga crítica, estos paneles están diseñados para alojar interruptor del tipo atornillable, estos paneles se encuentran ubicados del lado opuesto de la parte de potencia y control por cuestiones de seguridad.

Modos de operación.

El equipo UPS está diseñado para operar en línea, doble conversión, retransferencia en los siguientes modos:

MODO NORMAL: La carga crítica está respaldada por el UPS, la fuente del rectificador alimenta al inversor y a su vez al banco de baterías manteniendo las baterías en flotación.

EMERGENCIA: En caso de una falla de la red comercial, la carga crítica es tomada por el inversor de UPS la cual toma la energía del banco de baterías por lo que no hay interrupción de la energía hacia la carga crítica.



RECARGA: Después de la restauración de la fuente de energía comercial el rectificador vuelve a tomar energía de la fuente retomando la alimentación hacia el inversor y recarga de baterías.

BYPASS: Si el UPS requiere estar fuera de servicio por algún mantenimiento preventivo o correctivo o bien si se excede la capacidad del inversor, el switch estático realizará la retransferencia a la red comercial considerando que no habrá ningún tipo de interrupción a la carga crítica.

MODO/ECO: Cuando se habilita este modo por el personal de servicio, el UPS alimentará la carga crítica a través del bypass estático. Si la alimentación del bypass llegara a estar fuera de límites, el UPS realizara la transferencia al modo normal. Los parámetros son considerados fuera de límite cuando la entrada de tensión varía más del 10% ó la frecuencia 2%.



Fig. No. 22. Banco de 120 baterías. Ritar



6.4 DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO

DEFINICIÓN DE CARGA TÉRMICA:

También nombrada como carga de enfriamiento, es la cantidad de energía que se requiere vencer en un área para mantener determinadas condiciones de temperatura y humedad para una aplicación específica. Es la cantidad de calor que se retira de un espacio definido.

Calor sensible y calor latente. Cuando aplicamos calor a una sustancia y esta responde aumentando la temperatura estamos aplicando calor sensible.

Cuando aplicamos calor a una sustancia y esta no aumenta la temperatura pero si cambia de estado estamos aplicando calor latente. Pero para cambiar de estado un fluido evaporándolo se necesita muchísimo calor, este calor se llama calor latente de evaporación para obtener el total de la carga térmica a dentro del local, en este caso nuestro centro de datos la carga térmica está definida como.

Carga térmica total (Q_t) = Carga térmica sensible + carga térmica latente.

Para nuestro caso y por la definición la carga térmica latente se considera como despreciable que aunque es necesario mencionar debe considerarse carga térmica latente para el control de humedad, este control se lleva a cabo desde el equipo de aire acondicionado y se considera dentro de la capacidad nominal.

Entonces la carga térmica total (Q_t) estará dada por la siguiente expresión.

Carga térmica total = Carga térmica sensible, donde la carga térmica sensible es la suma de las diferentes cargas mencionadas a continuación.

$$Q_t = Q_{tce} + Q_{tci} + Q_{tct} + Q_{vae} + Q_{ol}$$

Donde cada una de las cargas se mencionan a continuación.



Cargas sensibles

Cargas por transmisión a través de cerramientos opacos exteriores (Q_{tce}):

Esta carga térmica se debe por la transmisión y radiación a través de las paredes y techos del edificio que limitan el exterior, la cual está en función de variables como temperatura exterior, la superficie expuesta, etc.

Para nuestro caso hay que recordar que se trata de un cuarto aislado el cual tiene colindancias con áreas específicas (área UPS, control, etc) las cuales deben tener su propio control de temperatura por lo que esta carga se puede despreciar.

Cargas por transmisión a través de cerramientos opacos interiores (Q_{tci}): Esta carga térmica se debe por la transmisión y radiación a través de las paredes y techos del edificio que limitan el interior, la cual está en función de variables como temperatura exterior, la superficie expuesta, etc. De igual manera que el punto anterior esta carga es despreciable.

Cargas por transmisión a través de cerramientos traslucidos (Q_{tct}): Esta carga térmica es debida a la radiación solar que atraviesan las superficies transparentes como cristales la cual incide en las superficies interiores del local calentándolas la cual a su vez incrementa la temperatura del local.

Recordando que nuestro local es cerrado y aislado, no posee estructuras con superficies transparentes por lo que no aplicaría esta carga.

Carga sensible por ventilación o infiltración de aire exterior (Q_{vae}): Esta carga se debe a las infiltraciones y ventilación del aire exterior.



El objetivo que se busca en un centro de datos es tener un cuarto lo más hermético posible por lo que este concepto aplicaría solo para apertura de puertas haciendo muy mínima la carga pues esta apertura solo se debería a acceso restringido de personal o equipo.

Carga sensible por ocupación del local (Q_{ol}): Esta ganancia de carga sensible se debe a las aportaciones internas del local en cuestión. En este punto se consideran las cargas debidas a la iluminación interior, la carga sensible debido a los ocupantes del local y la carga generada por los equipos ocupantes del lugar.

Nos detenemos en este punto pues la carga casi del 100 % estará dada por el equipo que resguarde el área a considerar más la carga generada por los usuarios que administran este equipo que si bien se mencionó en el punto anterior la fluencia de personal debe ser mínima.

6.4.1 CARGA TÉRMICA GENERADA POR LOS EQUIPOS.

Para el cálculo de las cargas térmicas es importante establecer los parámetros de operación permitidas por el ASHRAE (American society of heating, refrigerating, and air condition Engineers) que es la institución internacional que emite la normativa más aceptada para centros de datos a nivel mundial.

De acuerdo a ASHRAE para un equipo de procesamiento de datos se debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Control de temperatura.
- Control de humedad.
- Control de pureza del aire.



- Los equipos de aire acondicionado deberán ser exclusivos para el centro de datos.
- Los equipos de aire acondicionado deberán de ser de precisión para operar 24 horas los 365 días del año.
- La humidificación deberá de hacerse por vapor de agua.
- Los equipos de aire acondicionado deberán de tener una cierta redundancia contemplando fallas de equipos o bien mantenimiento.

Condiciones ambientales.

Temperatura.

- Recomendada de 20 a 25 °C.
- Permitida de 15°C- 32 °C.

Humedad relativa.

- Recomendada 40% - 55%.
- Permitida 20% - 80%

Así pues debido a que la carga térmica dentro del local se deberá casi en su totalidad a los servidores alojados dentro de la sala, la carga térmica será calculada en función a los datos dentro de las fichas técnicas de las mismas.

Para este fin fueron consultadas 5 fichas técnicas de 5 diferentes equipos con diferentes aplicaciones, promediando al final sus cargas.



Tabla No. 7. Carga térmica de diferentes equipos.

EQUIPO	CARGA (BTU's ⁷)
1	12100
2	17298
3	15323
4	16326
5	20040
PROMEDIO	16216.8

Tomando como base el promedio de carga anterior y las bases de diseño de la sala.

Carga térmica total= Carga promedio X cantidad de equipos.

Carga térmica total= 16216.8 x 15= 243252 BTU's.

Para obtener la carga térmica en toneladas de refrigeración.

1TR⁸= 12000 BTU's.

Luego,

Carga térmica total= (243252/12000)= 20.271 TR.

Para obtener cierto nivel ya sea en Tier o ICREA es necesario contemplar los equipos necesarios para abatir la carga resultante así como la redundancia de los mismos.

De la tabla de selección de equipos de precisión por expansión directa mencionada a continuación.

⁷ BTU: British Thermal Unit. Unidad de medida de energía calórica, equivale a 252 calorías.

⁸ TR= tonelada de refrigeración.



Fig. No. 22. Banco de 120 baterías. Ritar

Tabla No. 8. Modelos y características de equipos de A.A.

Modelo	28	35	42	53	70	77	105
Capacidad TR	8	10	12	15	20	22	30
TOTAL BTU/hr	102500	122400	132300	189500	228700	243700	313700
Sensible BTU/hr	86300	100600	110500	157000	184300	197800	245500
Sensible TR/hr	7.19	8.38	9.2	13.83	15.35	16.48	20.45

*Capacidad de equipos considerando unidades enfriadas por aire con compresores tipo scroll, 22.2 °C de bulbo seco, 15.6 °C de bulbo húmedo y humedad relativa de 49.9%.



De la tabla anterior se determina el uso de 3 equipos de 10 toneladas de refrigeración, los cuales proporcionan 8.38 TR para carga térmica sensible.

Capacidad equipo (carga sensible)= $3 \times 8.97 = 25.14$ TR.

Por lo que recordando que la carga térmica sensible de los equipos dentro del site es de 20.271 TR; tendremos un excedente de:

Excedente= Capacidad de equipos-capacidad requerida.

Excedente= $25.14 - 20.271$ TR= 4.87 TR.

Esta carga se considera para abatir las cargas sensibles mencionadas consideradas como mínimas renglones arriba y algún ajuste que se requiriera.

En resumen se considerarán 3 equipos de 10 toneladas de refrigeración y 3 equipos en redundancia programados de tal manera que algún equipo presente alguna falla o se requiera un mantenimiento se puedan realizar sin ninguna afectación al centro de datos. Estos equipos serán programados de tal manera que exista una rotación por día o por semana para que el desgaste sea equitativo.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UN DATA CENTER

Datos generales del equipo a considerar.

Tabla No. 9. Características de equipo de A.A. seleccionado

Capacidad nominal	10 Toneladas de refrigeración.
Cantidad de equipos	6 (3 operación, 3 redundancia)
Inyección	Inferior
Retorno	Superior
Tipo de enfriamiento	Aire
Tipo de compresor	Scroll digital
Humidificación	Infrarroja
Ventiladores	Centrífugos
Motor	2 de 5 hp
Tensión de operación	460/3 fases/ 60 Hz

Datos eléctricos.

Unidad manejadora de aire, 10 TR, 5 HP, 460 VCA

Tabla No. 10. Características eléctricas de unidad manejadora de aire.

FLA	37.3 Amperes
WSA	44.7 Amperes
OPD	45 Amperes

Donde;

FLA= Full load amperes.

WSA= Wire sizing amperes.

OPD= Overcurrent protection device.

Para la selección de la unidad condensadora, se requiere conocer la temperatura ambiente de operación la cual para fines de cálculo se considerará de no más de



35 °C obteniendo una condensadora con 2 ventiladores y los siguientes datos técnicos.

Unidad condensadora, 10 TR, 2 ventiladores, 460 VCA

Tabla No. 11. Características eléctricas de unidad condensadora

FLA	4.2 Amperes
WSA	4.8 Amperes
OPD	15 Amperes

6.4.2 CARGA TÉRMICA GENERADA POR EQUIPO DE UPS.

Para el cálculo de carga térmica en la sala de UPS se toma el mismo criterio que en la sala de equipos, tomando en cuenta además que en esta área el acceso es completamente restringido.

De los equipos alojados en el área de UPS (UPS, bancos de baterías, tableros, transformadores de aislamiento, Bypass) el único equipo que disipa calor principalmente es el UPS ya que los demás equipos solo requieren un ambiente adecuado para su operación.

De los datos proporcionados por el UPS, la carga térmica disipada operando al 100% es de 28700 BTU's (2.4 TR) por equipo.

Así la carga total en la sala de UPS= 2 (2.4)= 4.8 TR

Utilizando el mismo criterio utilizado para el cálculo de equipos en la sala se selecciona un equipo vertical con inyección inferior con las siguientes especificaciones.



Tabla No. 12. Características de equipo de aire acondicionado para UPS.

Capacidad nominal	5 toneladas de refrigeración.
Cantidad de equipos	2 (1 operación, 1 redundancia)
Inyección	Inferior
Retorno	Superior
Tipo de enfriamiento	Aire
Tipo de compresor	Scroll
Humidificación	Infrarroja
Ventiladores	Centrífugos
Tensión de operación	460/3fases/ 60 hz



Fig No. 23. Equipo de A. A. Challenger 300.



Unidad manejadora de aire, 5 TR, 460 VCA

Tabla No. 12. Características eléctricas de unidad manejadora de aire acondicionado para UPS.

FLA	20.8
WSA	25.4
OPD	25

Unidad condensadora, 5 TR, 1 ventilador, 460 VCA

Tabla No. 14. Características eléctricas de unidad condensadora para equipo de A.A.

FLA	2.5
WSA	3.1
OPD	15



CAPITULO 7. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

Antes de iniciar con el diseño de una instalación eléctrica para un Data Center y el cálculo de los diversos parámetros inherentes a la instalación, es importante contar con los datos necesarios, los cuales a continuación se mencionan:

Carga instalada o capacidad de equipo.

Sistema de alimentación.

Tensión de operación del sistema.

Temperatura ambiente.

Longitud entre fuente y carga.

Caída de tensión permisible.

Tipo de canalización.

Tipo de aislamiento de conductor.

Temperatura de selección del conductor.

Factor de potencia.

Asimismo es importante contar con el proyecto arquitectónico definitivo, así como las ubicaciones del equipo eléctrico, y todos los elementos que afecten o tengan impacto o afectación en la instalación eléctrica. Lo anterior deberá estar debidamente revisado por las diversas áreas involucradas y manifestando de manera escrita su visto bueno.

Uno de los aspectos iniciales es la propuesta de sembrado de equipo y trayectorias de instalación eléctrica a los equipos (servidores, UPS, aire acondicionado, etc.), los cuales se presentaran al inicio del circuito alimentador.



A continuación se presentan los conceptos básicos para el cálculo de la instalación eléctrica.

Potencia y Corriente en circuitos trifásicos balanceados.

La potencia total entregada por un generador trifásico o absorbido por una carga trifásica se encuentra simplemente sumando la potencia en cada una de las tres fases. En un circuito balanceado, esto sería lo mismo que multiplicar la potencia en cualquier fase por 3, ya que esta es la misma en todas las fases.

Si la magnitud de los voltajes al neutro V_p para una carga conectada en Y es:

$$|V_p| = |V_{an}| = |V_{bn}| = |V_{cn}| \quad (1)$$

Y si la magnitud de las corrientes de fase I_p para la misma carga es:

$$|I_p| = |I_{an}| = |I_{bn}| = |I_{cn}| \quad (2)$$

La potencia total trifásica es:

$$P = 3 |V_p| |I_p| \cos \theta_p \quad (3)$$

Donde θ_p es el ángulo por el cual la corriente de fase I_p atrasa el voltaje de fase V_p , que es el ángulo de la impedancia de fase. Si V_L e I_L son magnitudes de voltaje de línea a línea, y la corriente de línea I_L respectivamente, se tiene:

$$|V_p| = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \quad \text{e} \quad I_p = I_L \quad (4)$$



Que al sustituir en la ecuación de la potencia trifásica da:

$$P = \sqrt{3} |V_L| |I_L| \cos \theta_p \quad (5)$$

Así pues la potencia reactiva es:

$$Q = 3 |V_p| |I_p| \sen \theta_p \quad (6)$$

Entonces:

$$Q = \sqrt{3} |V_L| |I_L| \sen \theta_p \quad (7)$$

Y la potencia aparente estará dada por:

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(\sqrt{3} |V_L| |I_L| \cos \theta_p)^2 + (\sqrt{3} |V_L| |I_L| \sen \theta_p)^2} = \sqrt{3} |V_L| |I_L| \quad (8)$$

Debido a que usualmente para redes trifásicas balanceadas se conocen los voltajes de línea a línea y el factor de potencia θ_p , se utilizan comúnmente para cálculo las ecuaciones (6), (7) y (8). Cuando hablamos de un sistema trifásico se suponen, que al menos que se indique otra cosa, condiciones balanceadas; y se entenderá que los términos voltaje, corriente y potencia se refieren, al menos que se identifiquen de otra forma, el voltaje línea a línea, la corriente de línea y la potencia trifásica total respectivamente.



Si la carga está conectada en Δ , el voltaje a través de cada impedancia es el voltaje línea a línea, y la magnitud de la corriente que la atraviesa es la de la corriente de línea dividida entre $\sqrt{3}$, o:

$$|V_p| = |V_L| \text{ y } |I_p| = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \quad (9)$$

La potencia trifásica es:

$$P = 3 |V_p| |I_p| \cos \theta_p \quad (10)$$

Al sustituir los valores de I_p y V_p , de la ecuación (9), en esta ecuación se obtiene

$$P = \sqrt{3} |V_L| |I_L| \cos \theta_p \quad (11)$$

Que es idéntica a la ecuación (5). Se deduce entonces que las ecuaciones (7) y (8) son también válidas sin importar si una carga en particular está conectada en Δ o Y.

De la ecuación (11) se puede deducir que considerando un sistema balanceado el cálculo de la corriente será a través de la ecuación.

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} V_L \cos \theta_p} \quad (12)$$

Donde $\cos \theta_p$ es conocido como factor de potencia; de aquí que para el cálculo de corriente para sistemas trifásicos se emplee la ecuación (12).



Procedimiento para la selección de conductor, protección y canalización de la instalación eléctrica para un DATA CENTER.

Para la **protección a conductores** en la instalación eléctrica del Data Center, hacemos referencia al artículo **240-4 (*)** de la **NOM-001-SEDE-2012**, el cual indica que: los conductores que no sean cordones flexibles, cables flexibles o alambres de luminarias, se deben proteger contra sobrecorriente de acuerdo a su ampacidad.

Los **factores de corrección** necesarios para determinar la corriente en un circuito de acuerdo al artículo **310-15(*)** de la **NOM-001-SEDE-2012** se indica: se permitirá determinar la ampacidad de los conductores mediante Tablas de especificaciones indicadas en la Norma.

En cuanto a los límites de temperatura de los conductores: Ningún conductor se debe utilizar de modo que su temperatura de operación supere la temperatura del aislamiento para la cual se diseña el tipo de conductor con aislamiento al que pertenezca.

El valor nominal de temperatura de un conductor es la temperatura máxima, en cualquier punto de su longitud, que puede soportar el aislamiento de un conductor durante un periodo prolongado de tiempo sin presentar daños. Los principales determinantes de la temperatura de operación son:

- Temperatura ambiente: Esta puede variar a lo largo del conductor y a través del tiempo.

NOTA. Para la revisión de los artículos marcados con (*), referenciarse al **ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012** de este documento.



- El calor generado interiormente en el conductor por el flujo de la corriente, incluidas la corriente fundamental y sus armónicos.
- El valor nominal de disipación generado en el medio ambiente. El aislamiento térmico que cubre o rodea a los conductores afecta el valor nominal de disipación del calor.
- Los conductores adyacentes portadores de corriente. Los conductores adyacentes tienen el doble efecto de elevar la temperatura ambiente e impedir la disipación de calor.

Para la aplicación del artículo anterior, utilizaremos la **Tabla 310-15(b)(2)(a).**- **Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C. (*)** sustraída de la **NOM-001-SEDE-2012**.

Para la selección de conductor por capacidad de corriente se recurre al artículo **310 (*)** de la **NOM-001-SEDE-2012**, el cual trata de los requisitos generales de los conductores y de sus denominaciones de tipo, aislamiento, marcado, resistencia mecánica, ampacidad y usos.

Para nuestro fin debido a que los conductores a utilizar serán canalizados mediante tubería o charola, se tienen las siguientes especificaciones:

Características de los conductores. Los conductores en paralelo de cada fase, polaridad, neutro, conductor puesto a tierra del circuito, conductor de puesta a tierra de equipos o puente de unión de equipos, deben cumplir con todas las siguientes condiciones:

NOTA. Para la revisión de los artículos marcados con (*), referenciarse al **ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012** de este documento.



- Tener la misma longitud.
- Ser del mismo material conductor.
- Ser del mismo tamaño en mm².
- Tener el mismo tipo de aislamiento.
- Terminar de la misma manera.

Tablas o supervisión de ingeniería. Se permitirá determinar la ampacidad de los conductores mediante tablas, como se establece en o bajo la supervisión de ingeniería. En las ampacidades proporcionadas en esta sección no se tiene en cuenta la caída de tensión.

Tablas. La ampacidad de los conductores de 0 a 2000 volts debe ser la especificada en las tablas de ampacidad permisible 310-15(b)(16) (*) a 310-15(b)(19) (*), y en las tablas de ampacidad 310-15(b)(20) (*) y 310-15(b)(21) (*).

Con base en las características de nuestra instalación eléctrica, utilizaremos la **Tabla 310-15(b)(16).- Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C* (*)** sustraída de la **NOM-001-SEDE-2012**.

Cálculo de conductor por capacidad de corriente.

La corriente del sistema será calculada a través de la ecuación (12)

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3}V_L \cos\theta_P} \quad (12)$$

NOTA. Para la revisión de los artículos marcados con (*), referenciarse al **ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012** de este documento.



Selección de conductores por caída de tensión.

De acuerdo al artículo **215-2 (*)** de la **NOM-001-SEDE-2012**, Los conductores de circuitos derivados como están definidos en el Artículo 100, dimensionados para evitar una caída de tensión mayor que 3 por ciento en la salida más lejana que alimente a cargas de calefacción, de fuerza, de alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión combinada de los circuitos alimentadores y de los circuitos derivados hasta el contacto más lejano no supere 5 por ciento, proporcionarán una razonable eficiencia de funcionamiento.

Para el cálculo de conductores por caída de tensión se tiene:

$$e\% = \frac{2\sqrt{3}LI}{V_f S} \quad (13)$$

Donde:

S = Sección transversal mínima de conductor a seleccionar

I = Corriente nominal

e% = Caída de tensión

V_f = tensión del sistema.

L = Longitud

Número de conductores por fase.

El número de conductores por fase estará dado por la relación de la corriente nominal entre la capacidad de conducción del conductor seleccionado, es decir:

NOTA. Para la revisión de los artículos marcados con (*), referenciarse al **ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012** de este documento.



$$\#conductores = \frac{I_N}{I_{CONDUCTOR}} \quad (14)$$

Selección del conductor neutro.

De acuerdo al artículo **220-61 (*)** de la **NOM-001-SEDE-2012**, indica que: **Cálculo básico.** La carga del neutro del alimentador o de la acometida debe ser el máximo desequilibrio de la carga determinado. La carga de máximo desequilibrio debe ser la carga neta máxima calculada entre el neutro y cualquier otro conductor de fase.

Cálculo de protección para circuitos derivados.

El artículo **210-20 (*)** de la **NOM-001-SEDE-2012** indica: Los conductores de circuitos derivados y los equipos deben estar protegidos mediante dispositivos de protección con valor nominal o ajuste que cumpla.

a) Cargas continuas y no continuas: Cuando un circuito derivado alimenta cargas continuas y cualquier combinación de cargas continuas y no-continuas, la capacidad nominal del dispositivo de sobrecorriente no debe ser menor a la carga no continua más el 125% de la carga continua.

Por lo tanto la corriente de protección I_{INT} será calculada a través de la expresión:

$$I_{INT} = I_N \times 1.25 \quad (15)$$

NOTA. Para la revisión de los artículos marcados con (*), referenciarse al **ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012** de este documento.



El dispositivo de protección seleccionado será el dispositivo comercial cuyo valor sea igual o el inmediato superior al resultado obtenido por la expresión anterior.

Conductor de puesta a tierra.

De acuerdo al artículo **250-122 (*)** de la **NOM-001-SEDE-2012**, indica que los conductores de puesta a tierra de equipos, de cobre, aluminio, o aluminio recubierto de cobre, del tipo alambre, no deben ser de tamaño menor a los mostrados en la Tabla 250-122, pero en ningún caso se exigirá que sean mayores que los conductores de los circuitos que alimentan el equipo.

Para la aplicación del artículo anterior, utilizaremos la **Tabla 250-122.- Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos (*)** sustraída de la **NOM-001-SEDE-2012**.

Cálculo de canalización.

Para la utilización de la **tubería metálica** se aplicara el artículo **10 (*)** de la **NOM-001-SEDE-2012**, para determinar el porcentaje de sección transversal en tubo conduit utilizable, con base en:

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

NOTA. Para la revisión de los artículos marcados con (*), referenciarse al **ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012** de este documento.



Para la utilización de la **canalización en charola** se aplicara el artículo **392 (*)** de la **NOM-SEDE-001-2012** en el cual, las especificaciones para cableados en charola debe ser el siguiente:

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.

Todos los cables de energía y control para instalación en charolas portacables deben ser no propagadores de flama e identificados para tal fin.

Un cable de un conductor debe ser de tamaño 21.2 mm² (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 mm² (4 AWG) hasta 107 mm² (4/0 AWG), la separación máxima permisible de los travesaños debe ser de 22.50 centímetros.

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 mm² (4 AWG) o de mayor tamaño.

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.

NOTA. Para la revisión de los artículos marcados con (*), referenciarse al ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012 de este documento.



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 mm² (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.

7.1 Instalación eléctrica para la sala de ups en un data center

7.1.1. Cálculo del alimentador eléctrico para equipos de comunicación en el site.

Para fines de cálculo se considera que cada equipo de comunicaciones que será instalado en el **DATA CENTER** deberá poseer una fuente activa y una fuente pasiva.

Fuente activa: significa que siempre está trabajando y el consumo total puede o no ser repartido con la otra fuente de poder.

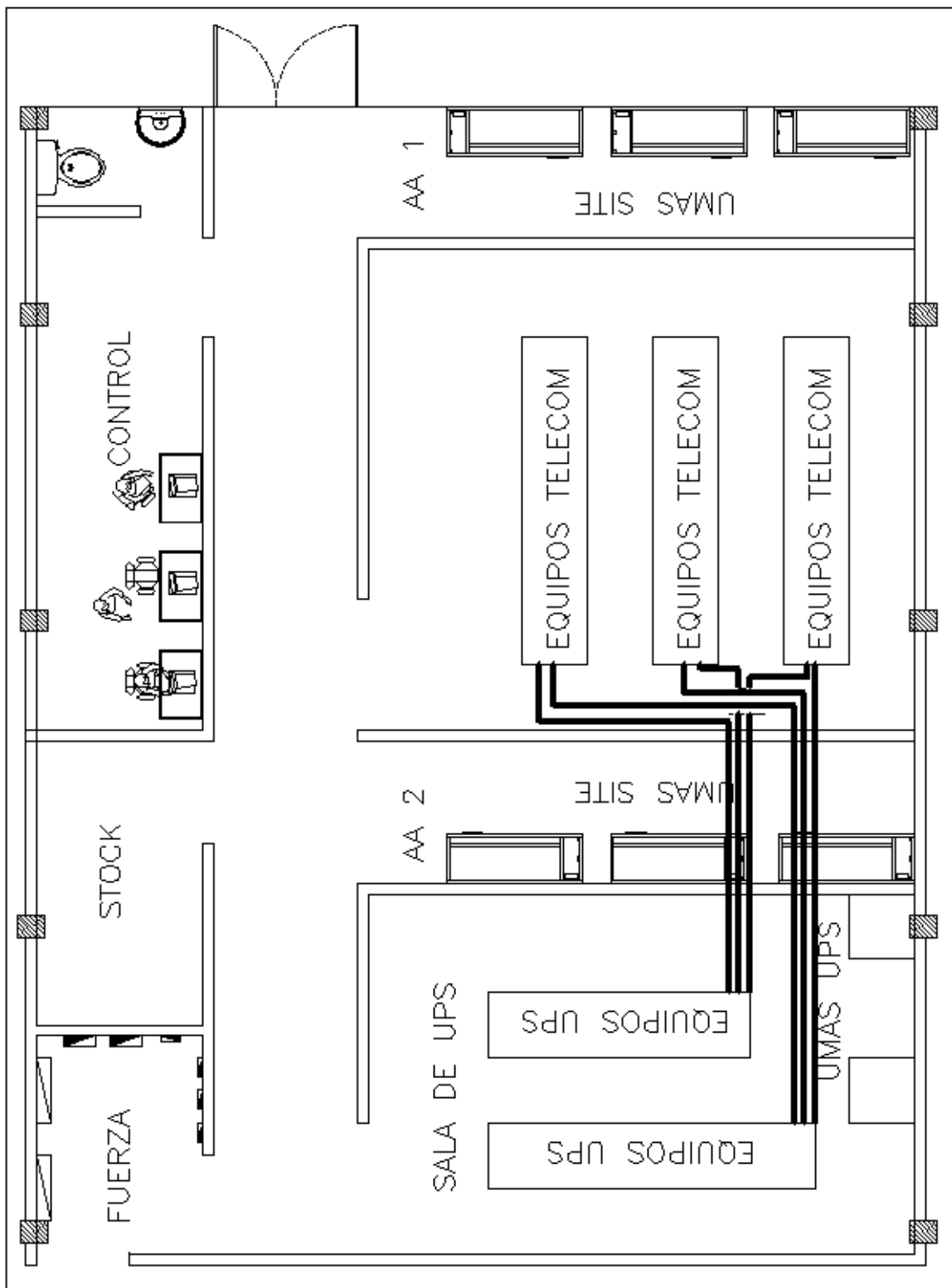
Fuente pasiva: significa que está en modo de espera (sin consumo) y opera (toma carga), solo cuando la otra fuente de poder ha fallado.

Esta configuración permite brindarle un respaldo al equipo de comunicaciones, para evitar afectaciones a la operación, lo cual repercute en el servicio ofrecido por el DATA CENTER y en consecuencia, en pérdidas económicas.

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtítulo 7.1.1, referenciarse al ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012 de este documento.



TRAYECTORIAS DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DE UPS A SERVIDORES





DATOS DEL SISTEMA

Carga instalada o capacidad de equipo	5,500 Watts.
Sistema de alimentación.	3F+Td
Tensión de operación del sistema.	208 volts.
Temperatura ambiente.	30 °C
Longitud entre fuente y carga.	22 metros.
Caída de tensión permisible.	2%
Tipo de canalización.	Tubería conduit metálico
Tipo de aislamiento de conductor.	THW-LS y THHW-LS
Temperatura de selección del conductor.	60 y 75 °C
Factor de potencia.	0.9

Selección de los conductores que alimenten eléctricamente a un equipo de comunicaciones (HP storage Works P9500) del DATA CENTER.

Datos eléctricos: 3 Fases, 208 [VCA], 60 Hz, Potencia 5.5 kW. (Corriente Regulada).

Por capacidad de corriente: para determinar la carga del equipo se utiliza la ecuación 12:

$$I_N = \frac{W}{\sqrt{3} V_f F.P.} = 16.96 A$$

Por capacidad de conducción: tomando en consideración el artículo **210-19** de la **NOM-SEDE-001-2012** se tiene que la Ampacidad I_A es:

$$I_A = I_N \times 125\% = 21.20 A$$



Por lo que el conductor propuesto por Ampacidad es de 5.26 mm² (10 AWG) con una Ampacidad al 100% de 30 A @ 60°C.

Factores de ajuste para conductores.

Factor de Corrección por Temperatura: de conformidad con 310-15(b)(2) Se verifica con la Tabla 310-15(b)(2)(a) que el factor de corrección de temperatura ambiente es FCT = 1.

Factor de Corrección por Agrupamiento: por tratarse de un sistema trifásico, se propone que el circuito opere con un conductor por fase, y el equipo no requiere conductor neutro, por lo que se tienen tres conductores portadores de corriente en una canalización. Al referirnos a la Tabla 310-15(b)(3)(a), se verifica que el porcentaje de los valores en la Tabla 310-15(b)(16) ajustadas a temperatura ambiente será del 100%, es decir, FCA = 1.

Para obtener ***el ajuste a la ampacidad del conductor propuesto debido a los factores de corrección*** se tiene que:

$$I_{AJUSTE} = I_{5.26} \times FCT \times FCA = 30 A$$

Entonces dado que:

$$I_{AJUSTE} > I_A$$

$$30 A > 21.20 A$$

Se concluye que el calibre adecuado es 5.26 mm² (10 AWG) con una Ampacidad al 100% de 24 A @ 60°C.



Cálculo por caída de tensión.

Para verificar la caída de tensión en el conductor propuesto, debemos referirnos a la fórmula de la Sección de conductor en mm² trifásica, es decir, la ecuación 13.

Consideraciones: Con base al artículo **210-19 NOTA 4** de la **NOM-SEDE-001-2012**, se propone una Caída de Tensión de 2%, con una longitud a la carga más lejana de 22 metros, voltaje de operación del equipo de 208 V y una corriente $I_A=21.20$ A, se tiene que la Sección mínima del conductor en mm² necesaria es de: 3.88 mm².

Tomando en consideración la Sección del conductor propuesto de 5.26 mm² (10 AWG) se tiene una caída de tensión de: 1.47%.

Por lo que se concluye que el conductor seleccionado por capacidad de corriente, capacidad de conducción y por caída de tensión es el de 5.26 mm² (10 AWG) @ 60°C.

Selección de la capacidad nominal de corriente y capacidad de interrupción de alimentadores para a un equipo de comunicaciones (HP storage Works P9500) del DATA CENTER.

Para determinar la carga del equipo se utiliza la ecuación 12:

$$I_N = \frac{W}{\sqrt{3} V_f F.P.} = 16.96 \text{ A}$$

Nos referiremos al artículo 210-20a) de la **NOM-SEDE-001-2012**, contemplada en la ecuación 15, por lo que tenemos:



$$I_{INT} = I_N \times 125\% A$$

$$I_{INT} = 21.2 A$$

Con los artículos 240-4 b) y 240-6 de la NOM-SEDE-001-2012 queda definido que el interruptor será de valor estándar inmediato superior: Interruptor termomagnético de 25 A.

Conductor de Puesta a Tierra (Desnuda y Aislada).

Con base en el artículo **250-122** de la **NOM-SEDE-001-2012** para una protección de 25 amperes, se selecciona el conductor de puesta a tierra el valor inmediato superior de 60 amperes correspondiendo un conductor calibre 5.26 mm² (10 AWG).

Canalización.

El área transversal de los conductores de acuerdo con Tabla 5 de la **NOM-SEDE-001-2012** es la siguiente:

$$\text{Área del conductor de fase (A}_{fase}) = 15.69 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área del conductor de puesta a tierra (A}_d) = 5.26 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área del conductor de puesta a tierra Aislada (A}_A) = 15.69 \text{ mm}^2$$

$$A_T = 3 \times A_{fase} + A_d + A_A = 68.02 \text{ mm}^2$$

De acuerdo con el **310-17, 342, Tabla 1 y Tabla 2** de la **NOM-SEDE-001-2012**, el porcentaje de sección transversal en tubo conduit utilizable para más de dos conductores será de 40%.

$$A_{16} = 222 \text{ mm}^2$$



Se tiene que:

$$40\% \text{ de } A_{16} > A_T$$

$$88.8 \text{ mm}^2 > 68.02 \text{ mm}^2$$

Por lo que se determina la canalización adecuada es el tubo conduit metálico semipesado de 16 mm (1/2").

Cédula de cableado del alimentador eléctrico para equipos de comunicación en el site:

$$I_N = 16.96 \text{ A}$$

$$e\% = 1.47 \%$$

$$L = 22 \text{ m}$$

$$3H - 5.26 \text{ mm}^2 (10 \text{ AWG})$$

$$1Hd - 5.26 \text{ mm}^2 (10 \text{ AWG})$$

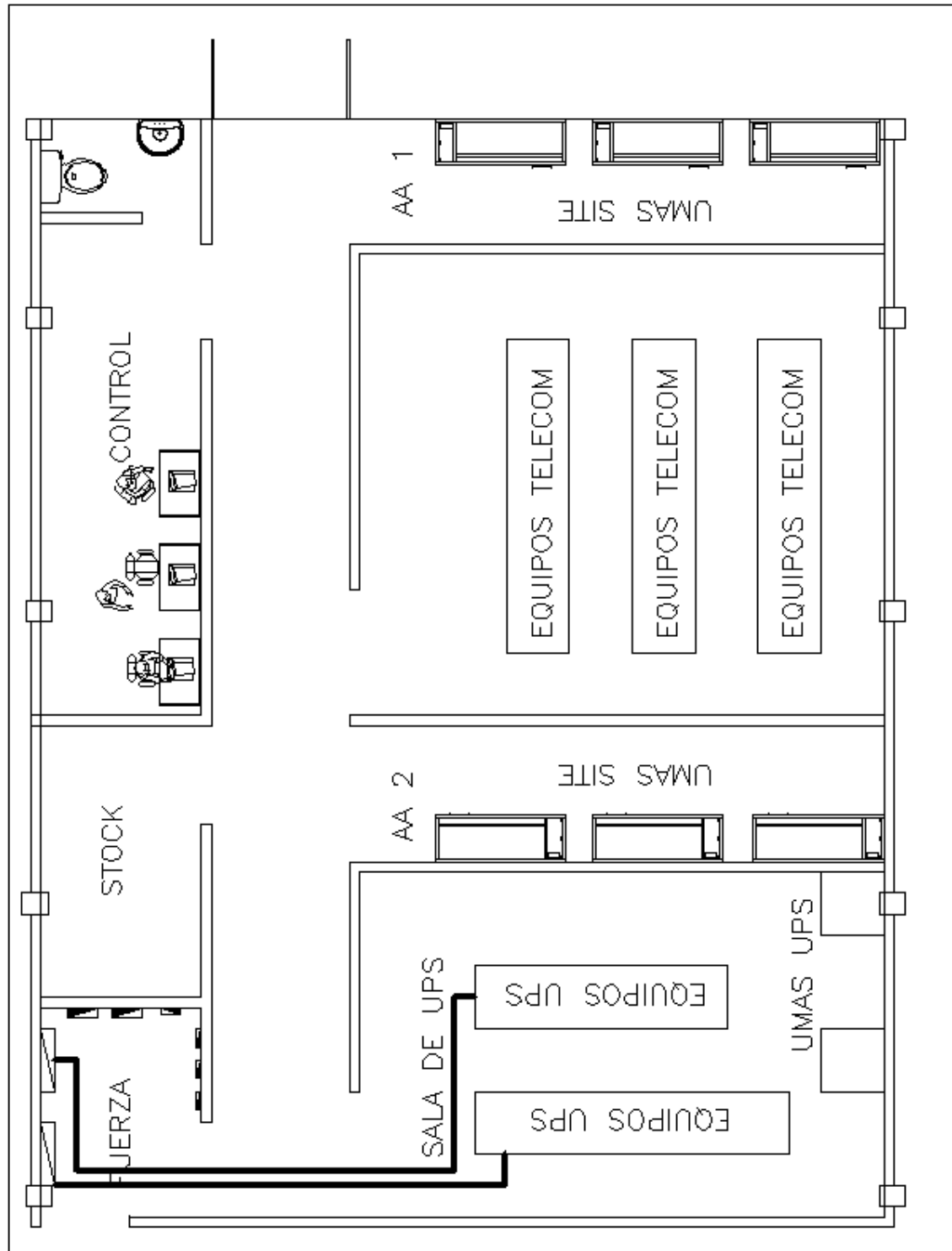
$$1HA - 5.26 \text{ mm}^2 (10 \text{ AWG})$$

$$\varnothing - 16 \text{ mm } (1/2")$$

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtítulo 7.1.1, referenciarse al ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012 de este documento.



TRAYECTORIAS DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DE SALA DE FUERZA A UPS





7.1.2 Cálculo del alimentador eléctrico para un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) en el site.

Selección de los conductores que alimenten eléctricamente a un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS Uninterruptible Power Supply).

Datos eléctricos: 3 Fases, 480 [VCA], 60 [Hz], Corriente Nominal 140 [A], Corriente Nominal con recarga de baterías 175 [A].

Por capacidad de corriente: Utilizando la Corriente Nominal de ficha técnica contemplando la recarga de baterías: 175 A.

$$I_N = 175 \text{ A}$$

Por capacidad de conducción. Tomando en consideración los artículos **215-1, 215-2 a) 1) NOM-SEDE-001-2012** se tiene que la Ampacidad I_A

$$I_A = I_N \times 125\% = 218.75 \text{ A}$$

Por lo que el conductor propuesto por Ampacidad de corriente es de 2 hilos de 53.49 mm² (1/0 AWG) con una Ampacidad al 100% de 150 A @ 75°C

Factores de ajuste para conductores.

Factor de Corrección por Temperatura: de conformidad con 310-15(b)(2) Se verifica con la Tabla 310-15(b)(2)(a) que el factor de corrección de temperatura ambiente es FCT = 1.

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtitulo 7.1.2, referenciarse al *ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012* de este documento.



Factor de Corrección por Agrupamiento: por tratarse de un sistema trifásico, se propone que el circuito opere en paralelo con 2 conductores por fase, por lo que se tienen seis conductores portadores de corriente, sin neutro, con conductor puesto a tierra, en dos canalizaciones. Al referirnos a la Tabla 310-15(b)(3)(a), se verifica que el porcentaje de los valores en la Tabla 310-15(b)(16) ajustadas a temperatura ambiente será del 100%, es decir, $FCA = 1$.

Para obtener **el ajuste a la ampacidad del conductor propuesto debido a los factores de corrección** se tiene que:

$$I_{AJUSTE} = 2 \times I_{1/0} \times FCT \times FCA = 300 A$$

Entonces dado que:

$$I_{AJUSTE} > I_A$$

$$300 A > 218.75 A$$

Se concluye que el calibre adecuado es 2 hilos de 53.49 mm² (1/0 AWG) con una Ampacidad al 100% de 300 A = 240 A @ 75°C

Cálculo por caída de tensión.

Para verificar la caída de tensión en el conductor propuesto, debemos referirnos a la fórmula de la Sección de conductor en mm² trifásica, es decir, la ecuación 13.

Consideraciones: Con base al artículo **210-19 NOTA 4** de la **NOM-SEDE-001-2012**, se propone una Caída de Tensión de 1%, con una longitud de la carga más lejana de 19 metros, voltaje de operación del equipo de 480 V y una corriente $I_A=218.75$ A, se tiene que la Sección mínima del conductor en mm² necesaria es de: 29.99 mm².



Tomando en consideración la Sección del conductor propuesto de 2 X 53.49 mm² (1/0 AWG) se tiene una caída de tensión de: 0.18%.

Por lo que se concluye que el conductor seleccionado por capacidad de corriente, capacidad de conducción y por caída de tensión es el de 2 hilos por fase en paralelo de 53.49 mm² (1/0 AWG) @ 75°C

Selección de la capacidad nominal de corriente y capacidad de interrupción de los alimentadores para un sistema de alimentación ininterrumpida del DATA CENTER.

Utilizando la Corriente Nominal de ficha técnica contemplando la recarga de baterías: 175 A.

$$I_N = 175 \text{ A}$$

Aplicando el artículo **215-3** de la **NOM-SEDE-001-2012** para la obtención de la ampacidad suficiente para que los alimentadores sean capaces de conducir la corriente sin sobrecalentarse se realiza:

$$I_{INT} = I_N \times 125\% = 218.75 \text{ A}$$

Con los artículos 240-4 b) y 240-6 de la NOM-SEDE-001-2012 queda definido que el interruptor será de valor estándar inmediato superior: Interruptor termomagnético de 225 A.

Conductor de Puesta a Tierra.

Con base en el artículo **250-122** de la **NOM-SEDE-001-2012** para una protección de 225 amperes, se selecciona el conductor de puesta a tierra el valor inmediato



superior de 300 amperes correspondiendo un conductor calibre 21.20 mm² (4 AWG).

Canalización.

Con base en la **Tabla 5** de la **NOM-SEDE-001-2012**, el área transversal de los conductores para dos circuitos paralelos en dos tuberías

$$\begin{aligned}\text{Área del conductor de fase (A}_{\text{fase}}) &= 143.40 \text{ mm}^2 \\ \text{Área del conductor de puesta a tierra (A}_d) &= 21.20 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_T = 3 \times A_{\text{fase}} + A_d = 451.4 \text{ mm}^2$$

De acuerdo con el **310-17, 342, Tabla 1 y Tabla 2** de la **NOM-SEDE-001-2012**, el porcentaje de sección transversal en tubo conduit utilizable para más de dos conductores será de 40%.

$$A_{41} = 1432 \text{ mm}^2$$

Se tiene que

$$40\% \text{ de } A_{41} > A_T$$

$$573 \text{ mm}^2 > 451.4 \text{ mm}^2$$

Por lo que se determina la canalización adecuada es el tubo conduit metálico semipesado de 41 mm (1 1/2")



Cédula de cableado del alimentador eléctrico para equipos de comunicación en el site:

$I_N = 175 \text{ A}$

$e\% = 0.18 \%$

$L = 19 \text{ m}$

$2 \times 3H - 53.49 \text{ mm}^2 (1/0 \text{ AWG})$

$2 \times 1Hd - 21.20 \text{ mm}^2 (4 \text{ AWG})$

$2 \times \emptyset - 41 \text{ mm} (1 \frac{1}{2}'')$

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtitulo 7.1.2, referenciarse al *ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012* de este documento.



TRAYECTORIA ELECTRICA DEL SISTEMA UPS Y SERVIDORES

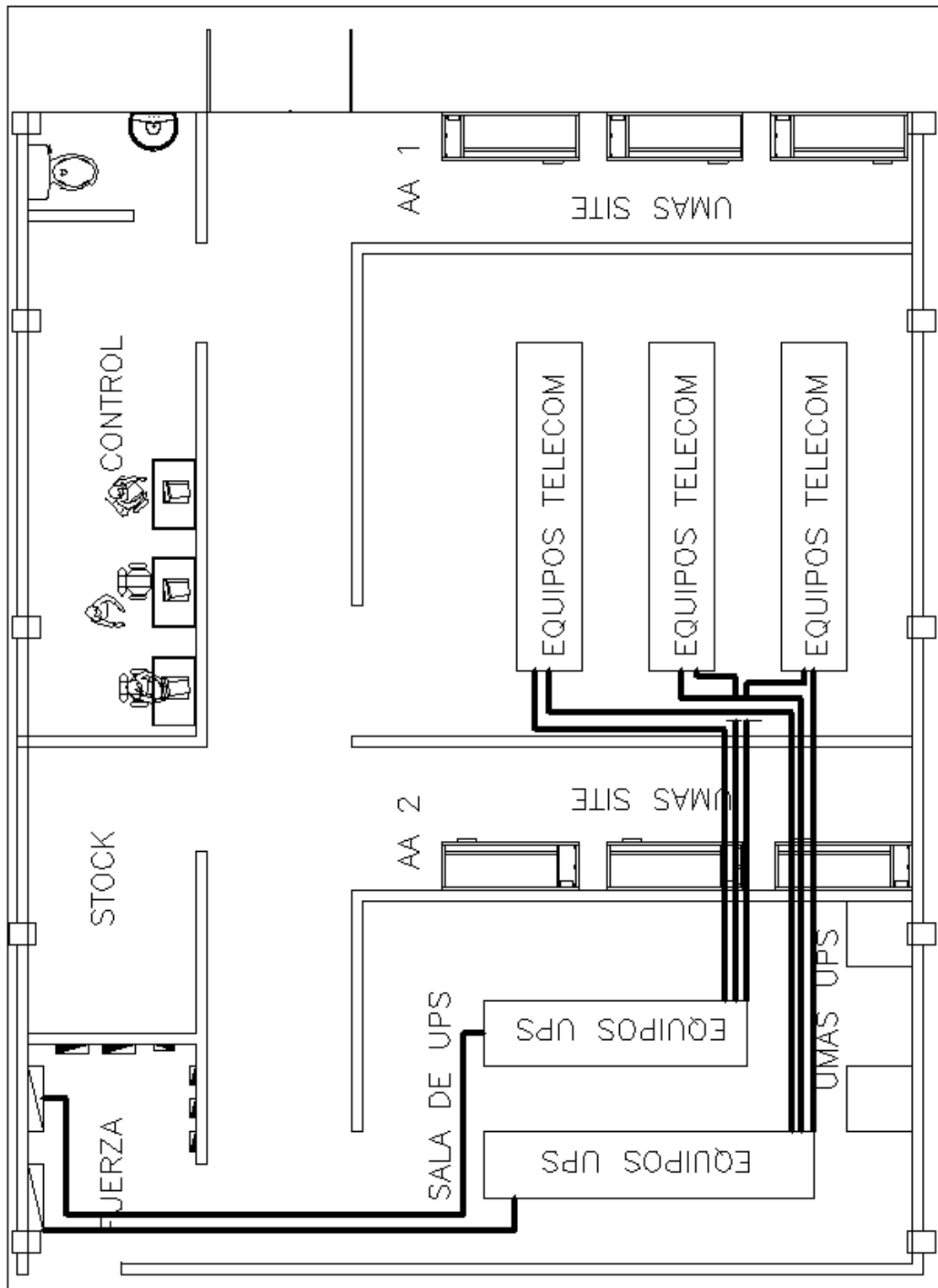
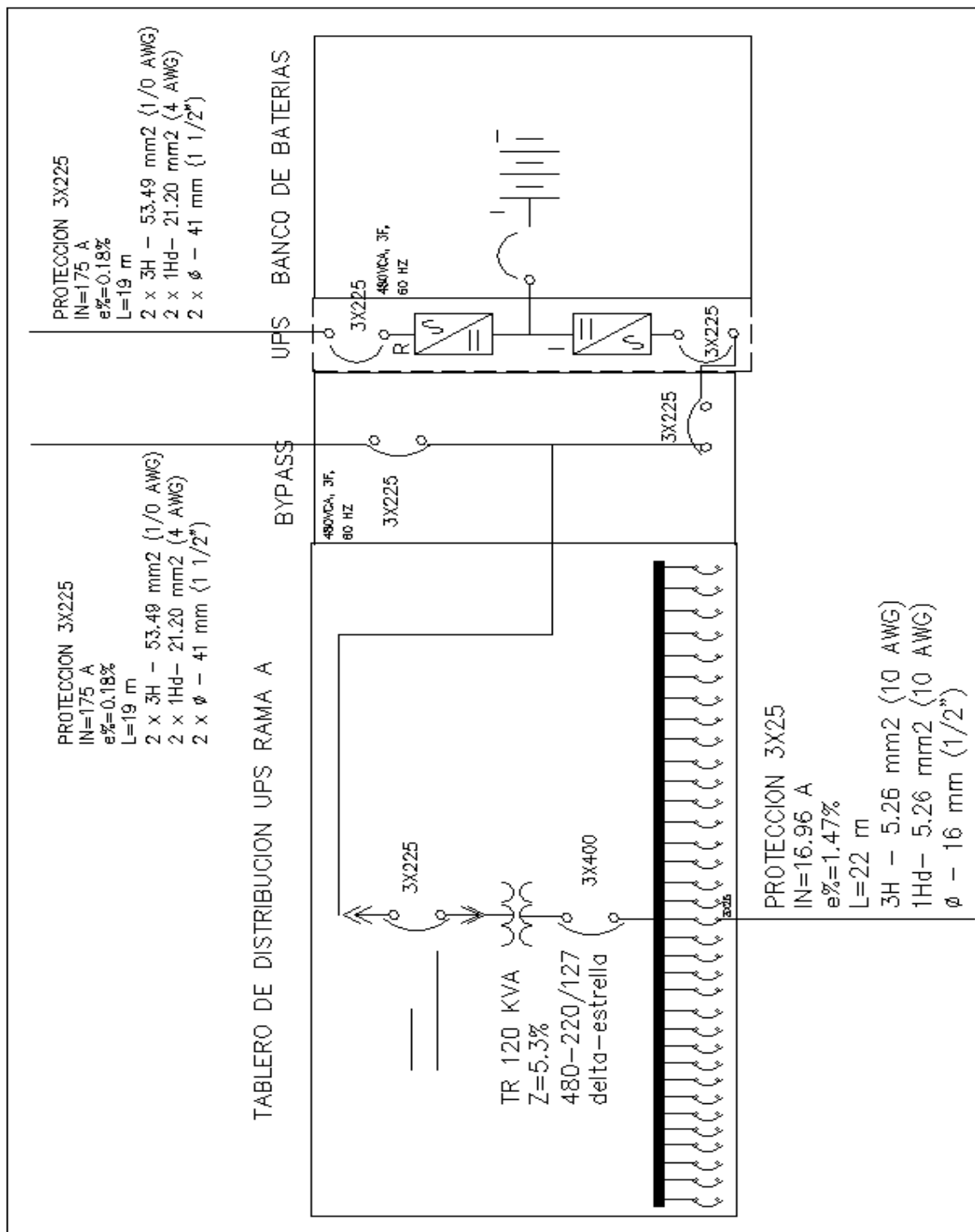
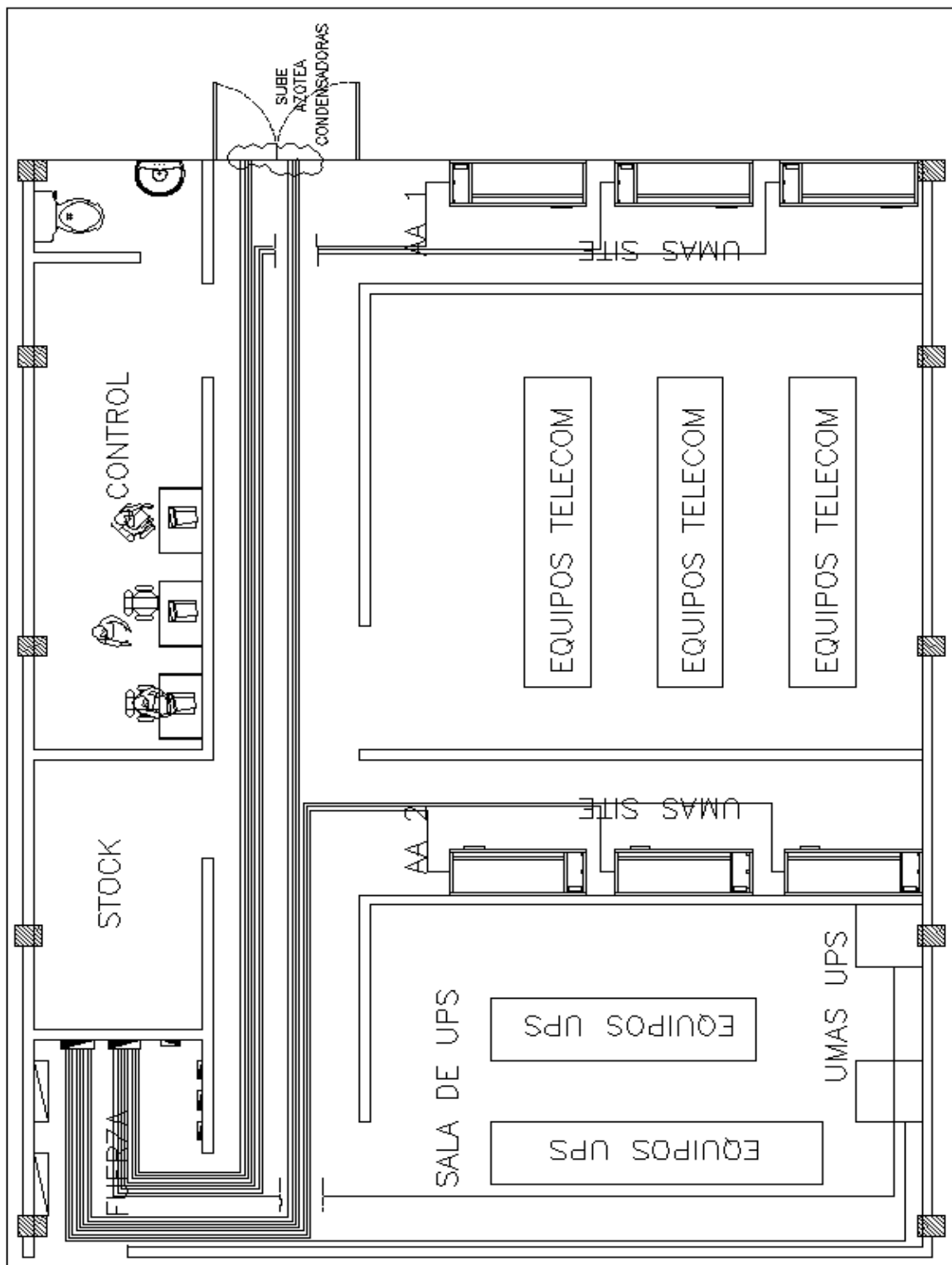


DIAGRAMA UNIFILAR DE CIRCUITOS DERIVADOS A SERVIDORES Y ALIMENTADORES DEL UPS





TRAYECTORIA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE AIRE ACONDICIONADO





7.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA EL EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO

7.2.1 Cálculo del alimentador eléctrico para equipos de aire acondicionado en el site.

Selección de los conductores y protecciones para equipos de aire acondicionado:

a) unidad manejadora de aire 10 TR, b) unidad condensadora de 10 TR, c) unidad manejadora de aire de 5 TR y d) unidad condensadora de 5 TR.

a) Selección de conductores que alimenten eléctricamente a una unidad manejadora de aire 10 TR.

Datos eléctricos: 3 Fases, 460 [VCA], 60 Hz, 5 [HP], FLA (Full Load amperes) 37.3 [A].

Por capacidad de corriente. Con base en el artículo **440-6a)** de la **NOM-SEDE-001-2012** se determina que la Corriente Nominal I_N de la unidad manejadora de aire es:

$$I_N = 37.3 \text{ A}$$

Para determinar la Potencia del equipo se utiliza la ecuación 11:

$$W = \sqrt{3} V_f F.P. I_N = 26746.7 \text{ W}$$

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtitulo 7.2.1, referenciarse al *ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012* de este documento.



Por capacidad de conducción. Aplicando el artículo **430-22 y 440-32** de la **NOM-SEDE-001-2012** para la obtención de la ampacidad suficiente para que los conductores sean capaces de conducir la corriente del motor sin sobrecalentarse se realiza:

$$I_A = I_N \times 125\% = 46.87 A$$

Conductor propuesto por Ampacidad de corriente 13.3 mm² (6 AWG) con una Ampacidad al 100% de 55 A @ 60°C.

Factores de ajuste para conductores.

Factor de Corrección por Temperatura: de conformidad con 310-15(b)(2) Se verifica con la Tabla 310-15(b)(2)(a) que el factor de corrección de temperatura ambiente es $FCT = 1$.

Factor de Corrección por Agrupamiento: por tratarse de un sistema trifásico, se propone que el circuito opere con un conductor por fase, y el equipo no requiere conductor neutro, por lo que se tienen tres conductores portadores de corriente en una canalización. Al referirnos a la Tabla 310-15(b)(3)(a), se verifica que el porcentaje de los valores en la Tabla 310-15(b)(16) ajustadas a temperatura ambiente será del 100%, es decir, $FCA = 1$.

Para obtener **el ajuste a la ampacidad del conductor propuesto debido a los factores de corrección** se tiene que:

$$I_{AJUSTE} = I_{13.3} \times FCT \times FCA = 55 A$$

Entonces dado que:

$$I_{AJUSTE} > I_A$$

$$55 A > 46.87 A$$



Se concluye que el calibre adecuado es 13.3 mm² (6 AWG) con una Ampacidad al 100% de 55 A @ 60°C

Calculo por caída de tensión.

Para verificar la caída de tensión en el conductor propuesto, debemos referirnos a la fórmula de la Sección de conductor en mm² trifásica, es decir, la ecuación 13.

Consideraciones: Con base al artículo **210-19 NOTA 4** de la **NOM-SEDE-001-2012**, se propone una Caída de Tensión de 2%, con una longitud a la carga más lejana de 40 metros, voltaje de operación del equipo de 460 V y una corriente $I_A=46.87$ A, se tiene que la Sección mínima del conductor en mm² necesaria es de: 7.041 mm²

Tomando en consideración la Sección del conductor propuesto de 13.3 mm² (6 AWG) se tiene una caída de tensión de: 1.06%.

Por lo que se concluye que el conductor seleccionado por capacidad de corriente, capacidad de conducción y por caída de tensión es el de 13.3 mm² (6 AWG) @ 60°C.

Selección de la capacidad nominal de corriente y capacidad de interrupción de alimentadores para una unidad manejadora de aire de 10 TR.

Con base en el artículo **440-6a)** de la **NOM-SEDE-001-2012** se determina que la Corriente Nominal I_N de la unidad manejadora de aire es:

$$I_N = 37.3 A$$



Debido a que se selecciona un interruptor termomagnético como medio de protección al conductor, nos referiremos a los artículos **430-32, 440-6a), 440-12 1)** de la **NOM-SEDE-001-2012**, por lo que tenemos:

$$I_{INT} = I_N \times 125\% A$$

$$I_{INT} = 46.62 A$$

Con los artículos 240-4 b) y 240-6 de la NOM-SEDE-001-2012 queda definido que el interruptor será de valor estándar inmediato superior: Interruptor termomagnético de 50 A.

Conductor de Puesta a Tierra.

Con base en el artículo 250-122 para una protección de 50 amperes, se selecciona el conductor de puesta a tierra el valor inmediato superior de 60 amperes correspondiendo un conductor calibre 5.26 mm² (10 AWG).

Canalización.

El área transversal de los conductores de acuerdo con **Tabla 5** de la **NOM-SEDE-001-2012** es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Área del conductor de fase (A}_{fase}) &= 46.84 \text{ mm}^2 \\ \text{Área del conductor de puesta a tierra (A}_d) &= 5.26 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_T = 3 \times A_{fase} + A_d = 145.78 \text{ mm}^2$$

De acuerdo con el **310-17, 342, Tabla 1 y Tabla 2** de la **NOM-SEDE-001-2012**, el porcentaje de sección transversal en tubo conduit utilizable para más de dos conductores será de 40%.



$$A_{21} = 377 \text{ mm}^2$$

Se tiene que:

$$40\% \text{ de } A_c > A_T$$

$$150.8 \text{ mm}^2 > 145.78 \text{ mm}^2$$

Por lo que se determina la canalización adecuada es el tubo conduit metálico semipesado de 21 mm (3/4")

Cédula de cableado del alimentador eléctrico para la unidad manejadora de aire de 10 TR en el DATA CENTER

$$I_N = 37.3 \text{ A}$$

$$e\% = 1.06 \%$$

$$L = 40 \text{ m}$$

$$3H - 13.3 \text{ mm}^2 \text{ (6 AWG)}$$

$$1Hd - 5.26 \text{ mm}^2 \text{ (10 AWG)}$$

$$\varnothing - 21 \text{ mm (3/4")}$$

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtítulo 7.2.1, referenciarse al *ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012* de este documento.



b) Selección de conductores que alimenten eléctricamente a una unidad condensadora de aire de 10 TR.

Por capacidad de corriente y capacidad de conducción.

Datos eléctricos: 3 Fases, 460 [VCA], 60 Hz, FLA (Full Load amperes) 4.2 [A].

Por capacidad de corriente. Con base en el artículo **440-6a)** de la **NOM-SEDE-001-2012** se determina que la Corriente Nominal I_N de la unidad manejadora de aire es:

$$I_N = 4.2 A$$

Para determinar la Potencia del equipo se utiliza la ecuación 11:

$$W = \sqrt{3} V_f F.P. I_N = 3011.69 W$$

Por capacidad de conducción. Aplicando el artículo **430-22 y 440-32** de la **NOM-SEDE-001-2012** para la obtención de la ampacidad suficiente para que los conductores sean capaces de conducir la corriente del motor sin sobrecalentarse se realiza:

$$I_A = I_N \times 125\% = 5.25 A$$

Conductor propuesto por Ampacidad de corriente 2.08 mm² (14 AWG) con una Ampacidad al 100% de 15 A @ 60°C

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtitulo 7.2.1, referenciarse al **ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012** de este documento.



Factores de ajuste para conductores.

Factor de Corrección por Temperatura: de conformidad con 310-15(b)(2) Se verifica con la Tabla 310-15(b)(2)(a) que el factor de corrección de temperatura ambiente es $FCT = 1$.

Factor de Corrección por Agrupamiento: por tratarse de un sistema trifásico, se propone que el circuito opere con un conductor por fase, y el equipo no requiere conductor neutro, por lo que se tienen tres conductores portadores de corriente en una canalización. Al referirnos a la Tabla 310-15(b)(3)(a), se verifica que el porcentaje de los valores en la Tabla 310-15(b)(16) ajustadas a temperatura ambiente será del 100%, es decir, $FCA = 1$.

Para obtener ***el ajuste a la ampacidad del conductor propuesto debido a los factores de corrección*** se tiene que:

$$I_{AJUSTE} = I_{2.08} \times FCT \times FCA = 15 A$$

Entonces dado que:

$$I_{AJUSTE} > I_A$$

$$15 A > 5.25 A$$

Se concluye que el calibre adecuado es 2.08 mm² (14 AWG) con una Ampacidad al 100% de 15 A @ 60°C

Cálculo por caída de tensión.

Para verificar la caída de tensión en el conductor propuesto, debemos referirnos a la fórmula de la Sección de conductor en mm² trifásica, es decir, la ecuación 13.



Consideraciones: Con base al artículo **210-19 NOTA 4** de la **NOM-SEDE-001-2012**, se propone una Caída de Tensión de 2%, con una longitud a la carga más lejana de 48 metros, voltaje de operación del equipo de 460 V y una corriente $I_A=5.25$ A, se tiene que la Sección mínima del conductor en mm^2 necesaria es de: 0.94 mm^2 .

Tomando en consideración la Sección del conductor propuesto de 2.08 mm^2 (14 AWG) se tiene una caída de tensión de: 0.91%.

Por lo que se concluye que el conductor seleccionado por capacidad de corriente, capacidad de conducción y por caída de tensión es el de 2.08 mm^2 (14 AWG) @ 60°C .

Selección de la capacidad nominal de corriente y capacidad de interrupción de los alimentadores para una unidad condensadora de aire de 10 TR.

Con base en el artículo **440-6a)** de la **NOM-SEDE-001-2012** se determina que la Corriente Nominal I_N de la unidad manejadora de aire es:

$$I_N = 4.2 \text{ A}$$

Debido a que se selecciona un interruptor termomagnético como medio de protección al conductor, nos referiremos a los artículos **430-32, 440-6a), 440-12 1)** de la **NOM-SEDE-001-2012**, por lo que tenemos:

$$I_{INT} = I_N \times 125\% \text{ A}$$

$$I_{INT} = 5.025 \text{ A}$$



Con los artículos 240-4 b) y 240-6 de la NOM-SEDE-001-2012 queda definido que el interruptor será de valor estándar inmediato superior: Interruptor termomagnético de 15 A.

Conductor de Puesta a Tierra.

Con base en el artículo 250-122 para una protección de 15 amperes, se selecciona el conductor de puesta a tierra con calibre 2.08 mm² (14 AWG).

Canalización.

El área transversal de los conductores de acuerdo con **Tabla 5** de la **NOM-SEDE-001-2012** es la siguiente:

$$\text{Área del conductor de fase (A}_{fase}) = 11.68 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área del conductor de puesta a tierra (A}_d) = 2.08 \text{ mm}^2$$

$$A_T = 3 \times A_{fase} + A_d = 37.12 \text{ mm}^2$$

De acuerdo con el **310-17, 342, Tabla 1 y Tabla 2** de la **NOM-SEDE-001-2012**, el porcentaje de sección transversal en tubo conduit utilizable para más de dos conductores será de 40%.

$$A_{16} = 222 \text{ mm}^2$$

Se tiene que

$$40\% \text{ de } A_{16} > A_T$$

$$88.8 \text{ mm}^2 > 37.12 \text{ mm}^2$$

Por lo que se determina la canalización adecuada es el tubo conduit metálico semipesado de 16 mm (1/2").



Cédula de cableado del alimentador eléctrico para la unidad condensadora de aire de 10 TR en el DATA CENTER

$I_N = 4.2 \text{ A}$

$e\% = 0.91\%$

$L = 48 \text{ m}$

$3H - 2.08 \text{ mm}^2 (14 \text{ AWG})$

$1Hd - 2.08 [\text{mm}^2] (14 \text{ AWG})$

$\varnothing - 16 [\text{mm}] (1/2")$

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtítulo 7.2.1, referenciarse al *ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012* de este documento.



c) Selección de los conductores que alimenten eléctricamente a una unidad manejadora de aire de 5 TR.

Datos eléctricos: 3 Fases, 460 [VCA], 60 Hz, 5 [HP], FLA (Full Load amperes) 20.8 [A].

Por capacidad de corriente. Con base en el artículo **440-6a)** de la **NOM-SEDE-001-2012** se determina que la Corriente Nominal I_N de la unidad manejadora de aire es:

$$I_N = 20.8 A$$

Para determinar la Potencia del equipo se utiliza la ecuación 11:

$$W = \sqrt{3} V_f F.P. I_N = 14915 W$$

Por capacidad de conducción. Aplicando el artículo **430-22 y 440-32** de la **NOM-SEDE-001-2012** para la obtención de la ampacidad suficiente para que los conductores sean capaces de conducir la corriente del motor sin sobrecalentarse se realiza:

$$I_A = I_N \times 125\% = 26 A$$

Conductor propuesto por Ampacidad de corriente 5.26 mm² (10 AWG) con una Ampacidad al 100% de 30 A @ 60°C].

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtitulo 7.2.1, referenciarse al **ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012** de este documento.



Factores de ajuste para conductores.

Factor de Corrección por Temperatura: de conformidad con 310-15(b)(2) Se verifica con la Tabla 310-15(b)(2)(a) que el factor de corrección de temperatura ambiente es $FCT = 1$.

Factor de Corrección por Agrupamiento: por tratarse de un sistema trifásico, se propone que el circuito opere con un conductor por fase, y el equipo no requiere conductor neutro, por lo que se tienen tres conductores portadores de corriente en una canalización. Al referirnos a la Tabla 310-15(b)(3)(a), se verifica que el porcentaje de los valores en la Tabla 310-15(b)(16) ajustadas a temperatura ambiente será del 100%, es decir, $FCA = 1$.

Para obtener ***el ajuste a la ampacidad del conductor propuesto debido a los factores de corrección*** se tiene que:

$$I_{AJUSTE} = I_{5.26} \times FCT \times FCA = 30 A$$

Entonces dado que:

$$I_{AJUSTE} > I_A$$

$$30 A > 26 A$$

Se concluye que el calibre adecuado es 5.26 mm² (10 AWG) con una Ampacidad al 100% de 30 A @ 60°C

Cálculo por caída de tensión.

Para verificar la caída de tensión en el conductor propuesto, debemos referirnos a la fórmula de la Sección de conductor en mm² trifásica, es decir, la ecuación 13.



Consideraciones: Con base al artículo **210-19 NOTA 4** de la **NOM-SEDE-001-2012**, se propone una Caída de Tensión de 2%, con una longitud de la carga más lejana de 25 metros, voltaje de operación del equipo de 460 V y una corriente $I_A=26$ A, se tiene que la Sección mínima del conductor en mm^2 necesaria es de: 2.54 mm^2

Tomando en consideración la Sección del conductor propuesto de 5.26 mm^2 (10 AWG) se tiene una caída de tensión de: 0.96%.

Por lo que se concluye que el conductor seleccionado por capacidad de corriente, capacidad de conducción y por caída de tensión es el de 5.26 mm^2 (10 AWG).

Selección de la capacidad nominal de corriente y capacidad de interrupción de alimentadores para una unidad manejadora de aire de 5 TR.

Con base en el artículo **440-6a)** de la **NOM-SEDE-001-2012** se determina que la Corriente Nominal I_N de la unidad manejadora de aire es:

$$I_N = 20.8 \text{ A}$$

Debido a que se selecciona un interruptor termomagnético como medio de protección al conductor, nos referiremos a los artículos **430-32, 440-6a), 440-12 1)** de la **NOM-SEDE-001-2012**, por lo que tenemos:

$$I_{INT} = I_N \times 125\% \text{ A}$$

$$I_{INT} = 26 \text{ A}$$



Con los artículos 240-4 b) y 240-6 de la NOM-SEDE-001-2012 queda definido que el interruptor será de valor estándar inmediato superior: Interruptor termomagnético de 30 A.

Conductor de Puesta a Tierra.

Con base en el artículo 250-122 para una protección de 30 amperes, se selecciona el conductor de puesta a tierra el valor inmediato superior de 60 amperes correspondiendo un conductor calibre 5.26 mm² (10 AWG).

Canalización.

El área transversal de los conductores de acuerdo con **Tabla 5** de la **NOM-SEDE-001-2012** es la siguiente:

$$\text{Área del conductor de fase (A}_{fase}) = 15.69 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área del conductor de puesta a tierra (A}_d) = 5.26 \text{ mm}^2$$

$$A_T = 3 \times A_{fase} + A_d = 52.33 \text{ mm}^2$$

De acuerdo con el **310-17, 342, Tabla 1 y Tabla 2** de la **NOM-SEDE-001-2012**, el porcentaje de sección transversal en tubo conduit utilizable para más de dos conductores será de 40%.

$$A_{16} = 222 \text{ mm}^2$$

Se tiene que

$$40\% \text{ de } A_{16} > A_T$$

$$88.8 \text{ mm}^2 > 52.33 \text{ mm}^2$$

Por lo que se determina la canalización adecuada es el tubo conduit metálico semipesado de 16 mm (1/2")



Cédula de cableado del alimentador eléctrico para la unidad manejadora de aire de 5 TR en el DATA CENTER

$I_N = 20.8 \text{ A}$

$e\% = 0.96 \%$

$L = 25 \text{ m}$

$3H - 5.26 \text{ mm}^2 (10 \text{ AWG})$

$1Hd - 5.26 \text{ mm}^2 (10 \text{ AWG})$

$\varnothing - 16 \text{ mm } (1/2")$

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtitulo 7.2.1, referenciarse al *ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012* de este documento.



d) Selección de los conductores que alimenten eléctricamente a una unidad condensadora de aire de 5 TR.

Datos eléctricos: 3 Fases, 460 [VCA], 60 Hz, FLA (Full Load amperes) 2.5 [A].

Por capacidad de corriente. Con base en el artículo **440-6a)** de la **NOM-SEDE-001-2012** se determina que la Corriente Nominal I_N de la unidad manejadora de aire es:

$$I_N = 2.5 A$$

Para determinar la Potencia del equipo se utiliza la ecuación 11:

$$W = \sqrt{3} V_f F.P. I_N = 1792.67 W$$

Por capacidad de conducción. Aplicando el artículo **430-22 y 440-32** de la **NOM-SEDE-001-2012** para la obtención de la ampacidad suficiente para que los conductores sean capaces de conducir la corriente del motor sin sobrecalentarse se realiza:

$$I_A = I_N \times 125\% = 3.12 A$$

Conductor propuesto por Ampacidad de corriente 2.08 mm² (14 AWG) con una Ampacidad al 100% de 15 A @ 60°C

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtítulo 7.2.1, referenciarse al **ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012** de este documento.



Factores de ajuste para conductores.

Factor de Corrección por Temperatura: de conformidad con 310-15(b)(2) Se verifica con la Tabla 310-15(b)(2)(a) que el factor de corrección de temperatura ambiente es $FCT = 1$.

Factor de Corrección por Agrupamiento: por tratarse de un sistema trifásico, se propone que el circuito opere con un conductor por fase, y el equipo no requiere conductor neutro, por lo que se tienen tres conductores portadores de corriente en una canalización. Al referirnos a la Tabla 310-15(b)(3)(a), se verifica que el porcentaje de los valores en la Tabla 310-15(b)(16) ajustadas a temperatura ambiente será del 100%, es decir, $FCA = 1$.

Para obtener ***el ajuste a la ampacidad del conductor propuesto debido a los factores de corrección*** se tiene que:

$$I_{AJUSTE} = I_{2.08} \times FCT \times FCA = 15 A$$

Entonces dado que:

$$I_{AJUSTE} > I_A$$

$$15 A > 3.12 A$$

Se concluye que el calibre adecuado es 2.08 mm² (14 AWG) con una Ampacidad al 100% de 15 A @ 60°C

Cálculo por caída de tensión.

Para verificar la caída de tensión en el conductor propuesto, debemos referirnos a la fórmula de la Sección de conductor en mm² trifásica, es decir, la ecuación 13.

Consideraciones: Con base al artículo **210-19 NOTA 4** de la **NOM-SEDE-001-2012**, se propone una Caída de Tensión de 2% y una longitud de la carga más lejana de



34 metros, voltaje de operación del equipo de 460 V y una corriente $I_A=3.12$ A, se tiene que la Sección mínima del conductor en mm^2 necesaria es de: 0.39 mm^2 .

Tomando en consideración la Sección del conductor propuesto de 2.08 mm^2 (14 AWG) se tiene una caída de tensión de: 0.38%.

Por lo que se concluye que el conductor seleccionado por capacidad de corriente, capacidad de conducción y por caída de tensión es el de 2.08 mm^2 (14 AWG).

Selección de la capacidad nominal de corriente y capacidad de interrupción de los alimentadores para una unidad condensadora de aire de 5 TR.

Con base en el artículo **440-6a)** de la **NOM-SEDE-001-2012** se determina que la Corriente Nominal I_N de la unidad manejadora de aire es:

$$I_N = 2.5 \text{ A}$$

Debido a que se selecciona un interruptor termomagnético como medio de protección al conductor, nos referiremos a los artículos **430-32, 440-6a), 440-12 1)** de la **NOM-SEDE-001-2012**, por lo que tenemos:

$$I_{INT} = I_N \times 125\% \text{ A}$$

$$I_{INT} = 3.12 \text{ A}$$

Con los artículos 240-4 b) y 240-6 de la NOM-SEDE-001-2012 queda definido que el interruptor será de valor estándar inmediato superior: Interruptor termomagnético de 15 A.



Conductor de Puesta a Tierra.

Con base en el artículo 250-122 para una protección de 15 amperes, se selecciona el conductor de puesta a tierra calibre 2.08 mm² (14 AWG).

Canalización

El área transversal de los conductores de acuerdo con **Tabla 5** de la **NOM-SEDE-001-2012** es la siguiente:

$$\text{Área del conductor de fase (A}_{\text{fase}}) = 11.68 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área del conductor de puesta a tierra (A}_d) = 2.08 \text{ mm}^2$$

$$A_T = 3 \times A_{\text{fase}} + A_d = 37.12 \text{ mm}^2$$

De acuerdo con el **310-17, 342, Tabla 1 y Tabla 2** de la **NOM-SEDE-001-2012**, el porcentaje de sección transversal en tubo conduit utilizable para más de dos conductores será de 40%.

$$A_{16} = 222 \text{ mm}^2$$

Se tiene que

$$40\% \text{ de } A_{16} > A_T$$

$$88.8 \text{ mm}^2 > 37.12 \text{ mm}^2$$

Por lo que se determina la canalización adecuada es el tubo conduit metálico semipesado de 16 mm (1/2").



Cédula de cableado del alimentador eléctrico para la unidad condensadora de aire de 5 TR en el DATA CENTER

$I_N = 2.5 \text{ A}$

$e\% = 0.38 \%$

$L = 34 \text{ m}$

$3H - 2.08 \text{ mm}^2 (14 \text{ AWG})$

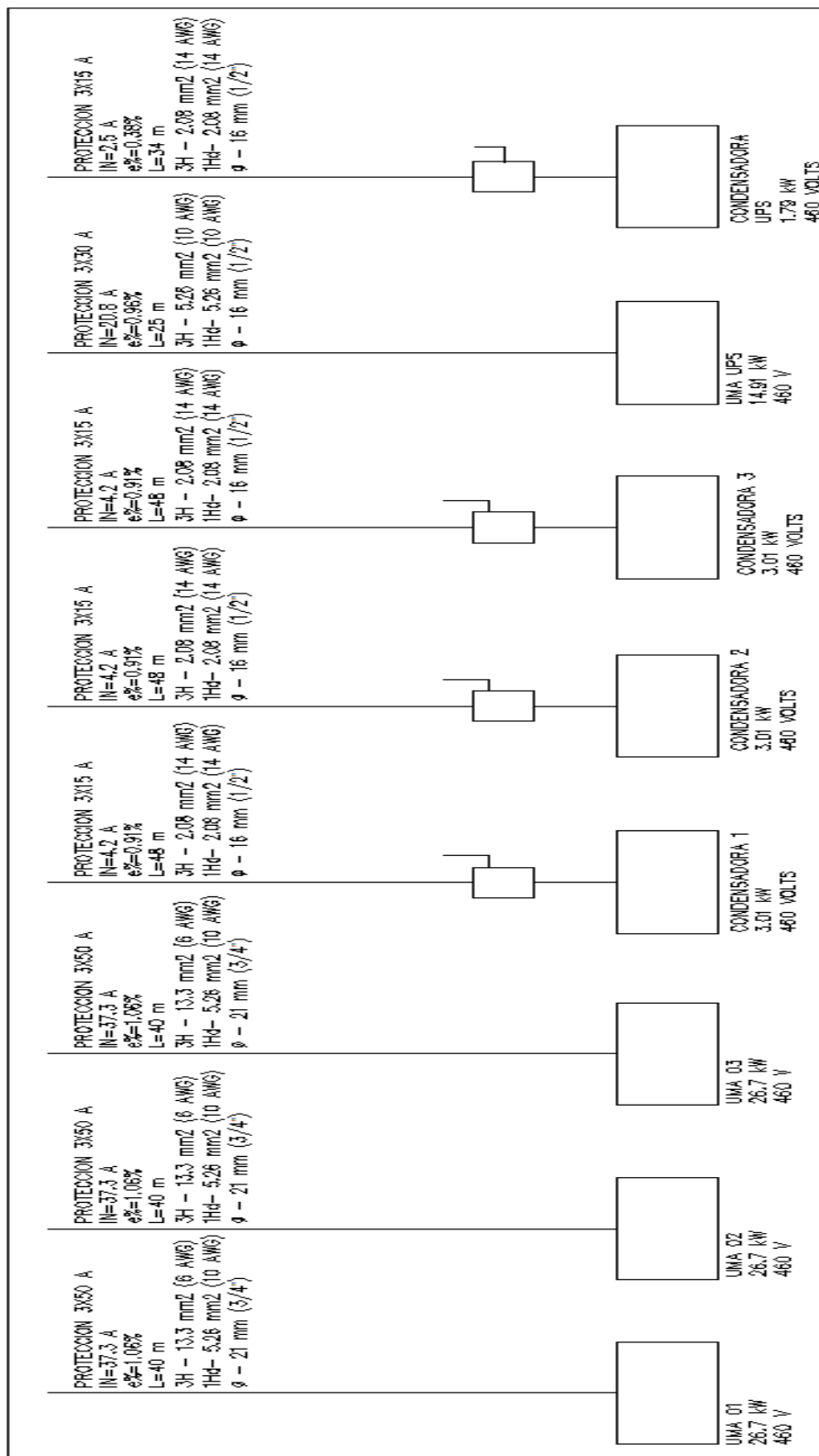
$1Hd - 2.08 \text{ mm}^2 (14 \text{ AWG})$

$\varnothing - 16 \text{ mm } (1/2")$

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtítulo 7.2.1, referenciarse al *ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012* de este documento.



DIAGRAMA UNIFILAR DE ALIMENTADORES DE EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO





7.3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA LA SALA DE FUERZA EN UN DATA CENTER

7.3.1 Cálculo del alimentador eléctrico para el Centro de Control de Motores Generales en un DATA CENTER.

Selección de los conductores que alimenten eléctricamente al Centro de Control de Motores Generales (3 Unidades manejadoras de aire de 10 TR, 3 Unidades Condensadoras de aire de 10TR, 1 Unidad manejador de aire de 5 TR y 1 Unidad Condensadoras de aire de 5TR).

Datos eléctricos: 3 Fases, 460 [VCA], 60 Hz.

Por capacidad de corriente y capacidad de conducción.

Con base en el artículo **430-24** de la **NOM-SEDE-001-2012** y debido a que los seis equipos operan bajo el mismo nivel de tensión se determina que la Corriente Nominal I_{NCCMG} del Centro de Control de Motores es:

Corriente Nominal UMA DATA CENTER: 37.3 A

Corriente Nominal Condensadora UMA DATA CENTER: 4.2 A

Corriente Nominal UMA UPS: 20.8 A

Corriente Nominal Condensadora UPS: 2.5 A

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtitulo 7.3.1, referenciarse al *ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012* de este documento.



Corriente Nominal CCM

$$I_{NCCMG} = I_{NUMA1} + I_{NCOND1} + I_{NUMA2} + I_{NCOND2} + I_{NUMA3} + I_{NCOND3} + I_{NUMAUP} + I_{NCONDUP} + I_{NUMA1} \times 25\%$$

$$I_{NCCMG} = 157.12 \text{ A}$$

Conductor propuesto por Ampacidad de corriente 67.43 mm² (2/0 AWG) con una Ampacidad al 100% de 175 A @ 75°C.

Factores de ajuste para conductores.

Factor de Corrección por Temperatura: de conformidad con 310-15(b)(2) Se verifica con la Tabla 310-15(b)(2)(a) que el factor de corrección de temperatura ambiente es $FCT = 1$.

Factor de Corrección por Agrupamiento: por tratarse de un sistema trifásico, se propone que el circuito opere con un conductor por fase, y el equipo no requiere conductor neutro, por lo que se tienen tres conductores portadores de corriente en una canalización. Al referirnos a la Tabla 310-15(b)(3)(a), se verifica que el porcentaje de los valores en la Tabla 310-15(b)(16) ajustadas a temperatura ambiente será del 100%, es decir, $FCA = 1$.

$$I_{AJUSTE} = I_{67.43} \times FCT \times FCA = 175 \text{ A}$$

Entonces dado que:

$$I_{AJUSTE} > I_A$$
$$175 \text{ [A]} > 157.12 \text{ A}$$

Se concluye que el calibre adecuado es 67.43 mm² (2/0 AWG) con una Ampacidad al 100% de 175 A @ 75°C



Cálculo por caída de tensión.

Para verificar la caída de tensión en el conductor propuesto, debemos referirnos a la fórmula de la Sección de conductor en mm^2 trifásica, es decir, la ecuación 13.

Consideraciones: Con base al artículo **210-19 NOTA 4** de la **NOM-SEDE-001-2012**, se propone una Caída de Tensión de 1% y una longitud de la carga más lejana de 10 metros, voltaje operación del equipo de 460 [V] y una corriente $I_{\text{CCCMG}}=157.12$ [A], se tiene que la Sección mínima del conductor en mm^2 necesaria es de: 11.83 [mm^2].

Tomando en consideración la Sección del conductor propuesto de 67.43 mm^2 (2/0 AWG) se tiene una caída de tensión de: 0.17%.

Por lo que se concluye que el conductor seleccionado por capacidad de corriente, capacidad de conducción y por caída de tensión es el de 67.43 mm^2 (2/0 AWG) @ 75°C

Selección de la capacidad nominal de corriente y capacidad de interrupción de los alimentadores para un Centro de Control de Motores General CCMG.

Con base en los artículos **430-110, 240-4 b) y 240-6** de la **NOM-SEDE-001-2012** y debido a que ambos equipos operan bajo el mismo nivel de tensión se determina que la Corriente Nominal I_{NCCM} del Centro de Control de Motores es:

Corriente Nominal UMA DATA CENTER: 37.3 A

Corriente Nominal Condensadora UMA DATA CENTER: 4.2 A

Corriente Nominal UMA UPS: 20.8 A

Corriente Nominal Condensadora UPS: 2.5 A



Corriente Interrupción CCMG

$$I_{INTCCMG} = I_{NUMA1} + I_{NCOND1} + I_{NUMA2} + I_{NCOND2} + I_{NUMA3} + I_{NCOND3} + I_{NUMAUP} + I_{NCONDUP}) \times 115\%$$

$$I_{INTCCMG} = 169.62 \text{ A}$$

Con los artículos 240-4 b) y 240-6 de la NOM-SEDE-001-2012 queda definido que el interruptor será de valor estándar inmediato superior: Interruptor termomagnético de 175 A.

Conductor de Puesta a Tierra.

Con base en el artículo 250-122 para una protección de 175 amperes, se selecciona el conductor de puesta a tierra el valor inmediato superior de 200 amperes correspondiendo un conductor calibre 13.30 mm² (6 AWG).

Canalización.

El área transversal de los conductores de acuerdo con **Tabla 5** de la **NOM-SEDE-001-2012** es la siguiente:

$$\text{Área del conductor de fase (A}_{fase}) = 169.30 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área del conductor de puesta a tierra (A}_d) = 13.30 \text{ mm}^2$$

$$A_T = 3 \times A_{fase} + A_d = 521.2 \text{ mm}^2$$

De acuerdo con el **310-17, 342, Tabla 1 y Tabla 2** de la **NOM-SEDE-001-2012**, el porcentaje de sección transversal en tubo conduit utilizable para más de dos conductores será de 40%.

$$A_{41} = 1432 \text{ mm}^2$$



Se tiene que:

$$40\% \text{ de } A_{41} > A_T$$
$$572.8 \text{ mm}^2 > 521.2 \text{ mm}^2$$

Por lo que se determina la canalización adecuada es el tubo conduit metálico semipesado de 41 mm (1 1/2")

Cédula de cableado del alimentador eléctrico para el Centro de Control de Motores General en el DATA CENTER

$I_N = 157.12 \text{ A}$

$e\% = 0.17 \%$

$L = 10 \text{ m}$

$3H - 67.43 \text{ mm}^2 (2/0 \text{ AWG})$

$1Hd - 13.30 \text{ mm}^2 (6 \text{ AWG})$

$\varnothing - 41 [\text{mm}] (1 \frac{1}{2} \text{")}$

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtítulo 7.3.1, referenciarse al ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012 de este documento.



7.3.2 Cálculo del alimentador eléctrico para el sistema de Alumbrado en un DATA CENTER.

Selección de los conductores que alimenten eléctricamente a un alimentador de alumbrado

Datos eléctricos: 3 Fases, 460 [VCA], 60 Hz, Potencia 6 kW.

Por capacidad de corriente: para determinar la carga del equipo se utiliza la ecuación 12:

$$I_N = \frac{W}{\sqrt{3} V_f F.P.} = 8.36 A$$

Por capacidad de conducción. Por los artículos **215-1, 215-2 a) 1)** de la **NOM-SEDE-001-2012** se tiene que la Ampacidad I_A

$$I_A = I \times 125\% = 10.45 A$$

Por lo que el conductor propuesto por Ampacidad de corriente 3.31 mm² (12 AWG) con una Ampacidad al 100% de 20 A @ 60°C.

Factores de ajuste para conductores.

Factor de Corrección por Temperatura: de conformidad con 310-15(b)(2) Se verifica con la Tabla 310-15(b)(2)(a) que el factor de corrección de temperatura ambiente es FCT = 1.

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtitulo 7.3.2, referenciarse al **ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012** de este documento.



Factor de Corrección por Agrupamiento: por tratarse de un sistema trifásico, se propone que el circuito opere con un conductor por fase, por lo que se tienen tres conductores portadores de corriente en una canalización. Al referirnos a la Tabla 310-15(b)(3)(a), se verifica que el porcentaje de los valores en la Tabla 310-15(b)(16) ajustadas a temperatura ambiente será del 100%, es decir, $FCA = 1$.

Para obtener **el ajuste a la ampacidad del conductor propuesto debido a los factores de corrección** se tiene que:

$$I_{AJUSTE} = I_{3.31} \times FCT \times FCA = 20 A$$

Entonces dado que:

$$I_{AJUSTE} > I_A$$
$$20 A > 10.45 A$$

Se concluye que el calibre adecuado es 3.31 mm² (12 AWG) con una Ampacidad al 100% de 20 A @ 60°C

Cálculo por caída de tensión.

Para verificar la caída de tensión en el conductor propuesto, debemos referirnos a la fórmula de la Sección de conductor en mm² trifásica, es decir, la ecuación 13.

Consideraciones: Con base al artículo **210-19 NOTA 4** de la **NOM-SEDE-001-2012**, se propone una Caída de Tensión de 1%, con una longitud de la carga más lejana de 10 metros, voltaje de operación del equipo de 460 V y una corriente $I_A=10.45 A$, se tiene que la Sección mínima del conductor en mm² necesaria es de: 0.78 mm².

Tomando en consideración la Sección del conductor propuesto de 3.31 mm² (10 AWG) se tiene una caída de tensión de: 0.23%.



Por lo que se concluye que el conductor seleccionado por capacidad de corriente, capacidad de conducción y por caída de tensión es el de 3.31 mm² (12 AWG) @ 60°C

Conductor Neutro.

Con base en el artículo **220-61** de la **NOM-SEDE-001-2012**, se determina que el conductor neutro es de un calibre 3.31 mm² (12 AWG) @ 60°C.

Selección de la capacidad nominal de corriente y capacidad de interrupción de alimentadores de alumbrado del DATA CENTER.

Para determinar la carga del equipo se utiliza la ecuación 12:

$$I_N = \frac{W}{\sqrt{3} V_f f.p.} = 8.36 A$$

Nos referiremos al artículo **215-3 a)** de la **NOM-SEDE-001-2012**, por lo que tenemos:

$$I_{INT} = I_N \times 125\% A$$

$$I_{INT} = 10.45 A$$

Con los artículos 240-4 b) y 240-6 de la NOM-SEDE-001-2012 queda definido que el interruptor será de valor estándar inmediato superior: Interruptor termomagnético de 15 A.



Conductor de Puesta a Tierra.

Con base en el artículo 250-122 para una protección de 15 amperes, se selecciona el conductor de puesta a tierra un conductor calibre 2.08mm² (14 AWG).

Canalización

El área transversal de los conductores de acuerdo con Tabla 5 de la **NOM-SEDE-001-2012** es la siguiente:

$$\text{Área del conductor de fase (A}_{\text{fase}}) = 11.68 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área del conductor de puesta a tierra (A}_d) = 2.08 \text{ mm}^2$$

$$A_T = 3 \times A_{\text{fase}} + A_{\text{neutro}} + A_d = 48.8 \text{ mm}^2$$

De acuerdo con el 310-17, 342, Tabla 1 y Tabla 2 de la NOM, el porcentaje de sección transversal en tubo conduit utilizable para más de dos conductores será de 40%.

$$A_{16} = 222 \text{ mm}^2$$

Se tiene que:

$$40\% \text{ de } A_c > A_T$$

$$88.8 \text{ mm}^2 > 48.8 \text{ mm}^2$$

Por lo que se determina la canalización adecuada es el tubo conduit metálico semipesado de 16 mm (1/2").



Cédula de cableado del alimentador eléctrico para alumbrado en el DATA CENTER:

$I_N = 8.36 \text{ A}$

$e\% = 0.23 \%$

$L = 10 \text{ m}$

$4H - 3.31 \text{ mm}^2 (12 \text{ AWG})$

$1Hd - 2.08 \text{ mm}^2 (14 \text{ AWG})$

$\varnothing - 16 \text{ mm } (1/2")$

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtitulo 7.3.2, referenciarse al *ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012* de este documento.



7.3.3 Cálculo del alimentador eléctrico para el sistema de contactos en un DATA CENTER

a) Selección de los conductores que alimenten eléctricamente a un alimentador del primario del transformador para contactos.

Datos eléctricos del primario: 3 Fases, 460 [VCA], 60 Hz, Potencia 10 Kw.

Por capacidad de corriente: para determinar la carga del equipo se utiliza la ecuación 12:

$$I_N = \frac{W}{\sqrt{3} V_f F.P.} = 13.94 A$$

Por capacidad de conducción: tomando en consideración los artículos **215-1, 215-2 b) 1)** de la **NOM-SEDE-001-2012** se tiene que la Ampacidad I_A

$$I_A = I \times 125\% = 17.43 A$$

Por lo que el conductor propuesto por Ampacidad es de 5.26 mm² (10 AWG) con una Ampacidad al 100% de 30 A @ 60°C.

Factores de ajuste para conductores.

Factor de Corrección por Temperatura: de conformidad con 310-15(b)(2) Se verifica con la Tabla 310-15(b)(2)(a) que el factor de corrección de temperatura ambiente es FCT = 1.

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtitulo 7.3.3, referenciarse al **ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012** de este documento.



Factor de Corrección por Agrupamiento: por tratarse de un sistema trifásico, se propone que el circuito opere con un conductor por fase, por lo que se tienen tres conductores portadores de corriente en una canalización. Al referirnos a la Tabla 310-15(b)(3)(a), se verifica que el porcentaje de los valores en la Tabla 310-15(b)(16) ajustadas a temperatura ambiente será del 100%, es decir, $FCA = 1$.

Para obtener **el ajuste a la ampacidad del conductor propuesto debido a los factores de corrección** se tiene que:

$$I_{AJUSTE} = I_{5.26} \times FCT \times FCA = 30 A$$

Entonces dado que:

$$I_{AJUSTE} > I_A$$
$$30 A > 17.43 A$$

Se concluye que el calibre adecuado es 5.26 mm² (10 AWG) con una Ampacidad al 100% de 30 A @ 60°C.

Cálculo por caída de tensión.

Para verificar la caída de tensión en el conductor propuesto, debemos referirnos a la fórmula de la Sección de conductor en mm² trifásica, es decir, la ecuación 13.

Consideraciones: Con base al artículo **210-19 NOTA 4** de la **NOM-SEDE-001-2012**, se propone una Caída de Tensión de 1%, con una longitud de la carga más lejana de 10 metros, voltaje de operación del equipo de 460 V y una corriente $I_A=17.43 A$, se tiene que la Sección mínima del conductor en mm² necesaria es de: 1.31 mm².

Tomando en consideración la Sección del conductor propuesto de 5.26 mm² (10 AWG) se tiene una caída de tensión de: 0.24%.



Por lo que se concluye que el conductor seleccionado por capacidad de corriente, capacidad de conducción y por caída de tensión es el de 5.26 mm² (10 AWG) @ 60°C.

Conductor Neutro.

Con base en el artículo **220-61** de la **NOM-SEDE-001-2012**, se determina que el conductor neutro es de un calibre 5.26 mm² (10 AWG) @ 60°C.

Selección de la capacidad nominal de corriente y capacidad de interrupción de alimentadores del PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR PARA CONTACTOS del DATA CENTER.

Para determinar la carga del equipo se utiliza la ecuación 12:

$$I_N = \frac{W}{\sqrt{3} V_f F.P.} = 13.94 A$$

Nos referiremos al artículo **450-3** y **Tabla 450-3(b)** de la **NOM-SEDE-001-2012**, por lo que tenemos:

$$I_{INT} = I_N \times 200\% A$$
$$I_{INT} = 27.88 A$$

Con los artículos 240-4 b) y 240-6 de la NOM-SEDE-001-2012 queda definido que el interruptor será de valor estándar inmediato superior: Interruptor termomagnético de 30 A.

Conductor de Puesta a Tierra

Con base en el artículo 250-122 para una protección de 30 amperes, se selecciona el conductor de puesta a tierra el valor inmediato superior de 60 amperes correspondiendo un conductor calibre 5.26 mm² (10 AWG).



Canalización

El área transversal de los conductores de acuerdo con Tabla 5 de la **NOM-SEDE-001-2012** es la siguiente:

$$\text{Área del conductor de fase (A}_{fase}) = 15.69 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área del conductor de puesta a tierra (A}_d) = 5.26 \text{ mm}^2$$

$$A_T = 3 \times A_{fase} + A_{neutro} + A_d = 68.02 \text{ mm}^2$$

De acuerdo con el **310-17, 342, Tabla 1 y Tabla 2** de la **NOM-SEDE-001-2012**, el porcentaje de sección transversal en tubo conduit utilizable para más de dos conductores será de 40%.

$$A_{16} = 222 \text{ mm}^2$$

Se tiene que:

$$40\% \text{ de } A_{16} > A_T$$

$$88.8 \text{ mm}^2 > 68.02 \text{ mm}^2$$

Por lo que se determina la canalización adecuada es el tubo conduit metálico semipesado de 16 mm (1/2").



Cédula de cableado del alimentador eléctrico para equipos de comunicación en el site:

$I_N = 13.94 \text{ A}$

$e\% = 0.24 \%$

$L = 10 \text{ m}$

$3H - 5.26 \text{ mm}^2 (10 \text{ AWG})$

$1Hd - 5.26 \text{ mm}^2 (10 \text{ AWG})$

$\varnothing - 16 \text{ mm } (1/2")$

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtitulo 7.3.3, referenciarse al *ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012* de este documento.



b) Selección de los conductores que alimenten eléctricamente a un alimentador secundario del transformador para contactos de un DATA CENTER.

Datos eléctricos: 3 Fases, 220 [VCA], 60 Hz, Potencia 10 kW.

Por capacidad de corriente: para determinar la carga del equipo se utiliza la ecuación 12:

$$I_N = \frac{W}{\sqrt{3} V_f F.P.} = 29.15 A$$

Por capacidad de conducción: tomando en consideración los artículos **215-1, 215-2 b) 1)** de la **NOM-SEDE-001-2012** se tiene que la Ampacidad I_A

$$I_A = I \times 125\% = 36.43 A$$

Por lo que el conductor propuesto por Ampacidad de corriente 8.37 mm² (8 AWG) con una Ampacidad al 100% de 40 A @ 60°C.

Factores de ajuste para conductores.

Factor de Corrección por Temperatura: de conformidad con 310-15(b)(2) Se verifica con la Tabla 310-15(b)(2)(a) que el factor de corrección de temperatura ambiente es FCT = 1.

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtitulo 7.3.3, referenciarse al **ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012** de este documento.



Factor de Corrección por Agrupamiento: por tratarse de un sistema trifásico, se propone que el circuito opere con un conductor por fase, por lo que se tienen tres conductores portadores de corriente en una canalización. Al referirnos a la Tabla 310-15(b)(3)(a), se verifica que el porcentaje de los valores en la Tabla 310-15(b)(16) ajustadas a temperatura ambiente será del 100%, es decir, $FCA = 1$.

Para obtener **el ajuste a la ampacidad del conductor propuesto debido a los factores de corrección** se tiene que:

$$I_{AJUSTE} = I_{8.37} \times FCT \times FCA = 40 A$$

Entonces dado que:

$$I_{AJUSTE} > I_A$$
$$40 A > 36.43 A$$

Se concluye que el calibre adecuado es 8.37 mm² (8 AWG) con una Ampacidad al 100% de 40 A @ 60°C.

Cálculo por caída de tensión.

Para verificar la caída de tensión en el conductor propuesto, debemos referirnos a la fórmula de la Sección de conductor en mm² trifásica, es decir, la ecuación 13.

Consideraciones: Con base al artículo **210-19 NOTA 4** de la **NOM-SEDE-001-2012**, se propone una Caída de Tensión de 1%, con una longitud de la carga más lejana de 10 metros, voltaje de operación del equipo de 220 V y una corriente $I_A=36.43 A$, se tiene que la Sección mínima del conductor en mm² necesaria es de: 5.73 mm².

Tomando en consideración la Sección del conductor propuesto de 8.37 mm² (8 AWG) se tiene una caída de tensión de: 0.68%.



Por lo que se concluye que el conductor seleccionado por capacidad de corriente, capacidad de conducción y por caída de tensión es el de 8.37 mm² (8 AWG) @ 60°C.

Conductor Neutro

Con base en el artículo 220-61, se determina que el conductor neutro es de un calibre 8.37 mm² (8 AWG) @ 60°C.

Selección de la capacidad nominal de corriente y capacidad de interrupción de alimentadores del secundario del transformador para contactos del DATA CENTER.

Para determinar la carga del equipo se utiliza la ecuación 12:

$$I_N = \frac{W}{\sqrt{3} V_f F.P.} = 29.15 A$$

Nos referiremos al artículo **450-3** y **Tabla 450-3b)** de la **NOM-SEDE-001-2012**, por lo que tenemos:

$$I_{INT} = I_N \times 125\% A$$
$$I_{INT} = 36.43 A$$

Con los artículos 240-4 b) y 240-6 de la NOM-SEDE-001-2012 queda definido que el interruptor será de valor estándar inmediato superior: Interruptor termomagnético de 40 A.



Conductor de Puesta a Tierra.

Con base en el artículo 250-122 para una protección de 40 amperes, se selecciona el conductor de puesta a tierra el valor inmediato superior de 60 amperes correspondiendo un conductor calibre 5.26 mm² (10 AWG).

Canalización

El área transversal de los conductores de acuerdo con Tabla 5 de la **NOM-SEDE-001-2012** es la siguiente:

$$\begin{aligned}\text{Área del conductor de fase (A}_{f\text{ase}}) &= 28.19 \text{ mm}^2 \\ \text{Área del conductor de puesta a tierra (A}_d) &= 5.26 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_T = 3 \times A_{f\text{ase}} + A_{\text{neutro}} + A_d = 118.02 \text{ mm}^2$$

De acuerdo con el **310-17, 342, Tabla 1 y Tabla 2** de la **NOM-SEDE-001-2012**, el porcentaje de sección transversal en tubo conduit utilizable para más de dos conductores será de 40%.

$$A_{21} = 377 \text{ mm}^2$$

Se tiene que:

$$\begin{aligned}40\% \text{ de } A_C &> A_T \\ 150.8 \text{ mm}^2 &> 118.02 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Por lo que se determina la canalización adecuada es el tubo conduit metálico semipesado de 21 mm (3/4").



Cédula de cableado del alimentador eléctrico para equipos de comunicación en el site:

$I_N = 29.15 \text{ A}$

$e\% = 0.68 \%$

$L = 10 \text{ m}$

$3H - 8.37 \text{ mm}^2 (8 \text{ AWG})$

$1Hd - 5.26 \text{ mm}^2 (10 \text{ AWG})$

$\varnothing - 21 \text{ mm } (3/4")$

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtitulo 7.3.3, referenciarse al *ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012* de este documento.



7.3.4 Cálculo del alimentador eléctrico para el Tablero General en un DATA CENTER.

Selección de los conductores que alimenten eléctricamente a un Tablero General del DATA CENTER.

Datos eléctricos: 3 Fases, 480 [VCA], 60 [Hz].

Por capacidad de corriente:

Sumatoria de Cargas a alimentar:

POTENCIA ALUMBRADO:	6 kW
POTENCIA CCM:	10 kW
POTENCIA SERVICIOS:	117.53 kW
POTENCIA UPS:	130.94 kW

$$P_{Total} = 264.47 \text{ kW}$$

Para determinar la carga del equipo se utiliza la ecuación 12:

$$I_N = \frac{W}{\sqrt{3} V_f F.P.} = 353.45 \text{ A}$$

Por capacidad de conducción: tomando en consideración los artículos **215-1, 215-2 a) 1) de la NOM-SEDE-001-2012** se tiene que la Ampacidad I_A es:

$$I_A = I_N \times 125\% = 441.81 \text{ A}$$

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtitulo 7.3.4, referenciarse al **ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012** de este documento.



Contemplando un factor de reserva del 10%

$$I_R = I_A \times 110\% = 485.99 A$$

Por lo que el conductor propuesto por Ampacidad es de 2 X 127 mm² (250 Kcmil) con una Ampacidad al 100% de 2 x 255 = 510 A @ 75°C.

Factores de ajuste para conductores.

Factor de Corrección por Temperatura: de conformidad con 310-15(b)(2) Se verifica con la Tabla 310-15(b)(2)(a) que el factor de corrección de temperatura ambiente es FCT = 1.

Factor de Corrección por Agrupamiento: por tratarse de un sistema trifásico, se propone que el circuito opere en paralelo con 2 conductores por fase, por lo que se tienen seis conductores portadores de corriente, distribuidos en dos charolas en paralelo con conductor puesto a tierra. Al referirnos a la Tabla 310-15(b)(3)(a), se verifica que el porcentaje de los valores en la Tabla 310-15(b)(16) ajustadas a temperatura ambiente será del 100%, es decir, FCA = 1.

Para obtener **el ajuste a la ampacidad del conductor propuesto debido a los factores de corrección** se tiene que:

$$I_{AJUSTE} = 2 \times I_{127} \times FCT \times FCA = 510 A$$

Entonces dado que:

$$I_{AJUSTE} > I_A$$

$$510 A > 485.99 A$$

Se concluye que el calibre adecuado es 2 hilos de 127 mm² (250 Kcmil) con una Ampacidad al 100% de 2 x 255 = 510 A @ 75°C.



Cálculo por caída de tensión.

Para verificar la caída de tensión en el conductor propuesto, debemos referirnos a la fórmula de la Sección de conductor en mm² trifásica, es decir, la ecuación 13.

Consideraciones: Con base al artículo **210-19 NOTA 4** de la **NOM-SEDE-001-2012**, se propone una Caída de Tensión de 2%, con una longitud de la carga más lejana de 100 metros, voltaje de operación del equipo de 480 V y una corriente $I_A=485.99$ A, se tiene que la Sección mínima del conductor en mm² necesaria es de: 175.36 mm².

Tomando en consideración la Sección del conductor propuesto de 2 X 127 mm² (250 Kcmil) se tiene una caída de tensión de: 1.38%.

Por lo que se concluye que el conductor seleccionado por capacidad de corriente, capacidad de conducción y por caída de tensión es el de 2 hilos por fase en paralelo de 127 mm² (250 Kcmil) @ 75°C.

Conductor Neutro

Con base en el artículo 220-61, se determina que el conductor neutro es de un calibre 2 hilos por fase de 127 mm² (250 Kcmil) con una Ampacidad al 100% de 2 X 255 = 510 A.

Selección de la capacidad nominal de corriente y capacidad de interrupción de alimentadores para a un Tablero General del DATA CENTER.

Para determinar la carga del equipo se utiliza la ecuación 12:

$$I_N = \frac{W}{\sqrt{3} V_f F.P.} = 353.45 A$$



Contemplando el factor de reserva del 10%

$$I_R = I_N \times 110\% = 388.79 A$$

Aplicando el artículo **215-3** de la **NOM-SEDE-001-2012**, para la obtención de la ampacidad suficiente para que los conductores sean capaces de conducir la corriente sin sobrecalentarse se realiza:

$$I_{INT} = I_N \times 125\% A$$

$$I_{INT} = 485.99 A$$

Con los artículos 240-4 b) y 240-6 de la NOM-SEDE-001-2012 queda definido que el interruptor será de valor estándar inmediato superior: Interruptor termomagnético de 500 A.

Conductor de Puesta a Tierra.

Con base en el artículo 250-122 para una protección de 500 amperes, se selecciona el conductor de puesta a tierra el valor inmediato superior de 60 amperes correspondiendo un conductor calibre 33.60 mm² (2 AWG).

Canalización.

El área transversal de los conductores de acuerdo con Tabla 5 de la **NOM-SEDE-001-2012** es la siguiente:

Diámetro del conductor de fase (A_{fase})	= 19.43 mm ²
Diámetro del conductor de puesta a tierra (A_d)	= 33.60 mm ²
Diámetro Total por circuito paralelo:	= 111.32 mm ²



De acuerdo con el artículo 392-22(1)a) y la Tabla 392-22(a) de la **NOM-SEDE-001-2012**, se determina la charola adecuada es de 5 cm.

Cédula de cableado del alimentador eléctrico para equipos de comunicación en el site:

$I_N = 353.45 \text{ A}$

$e\% = 1.38 \%$

$L = 100 \text{ m}$

$2 \times 4H - 127 \text{ mm}^2 (250 \text{ Kcmil})$

$2 \times 1Hd - 33.60 \text{ mm}^2 (2 \text{ AWG})$

$\text{Charola} - 5 \text{ cm}$

NOTA. Para la revisión de los artículos indicados en subtitulo 7.3.4, referenciarse al **ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012** de este documento.

DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO GENERAL

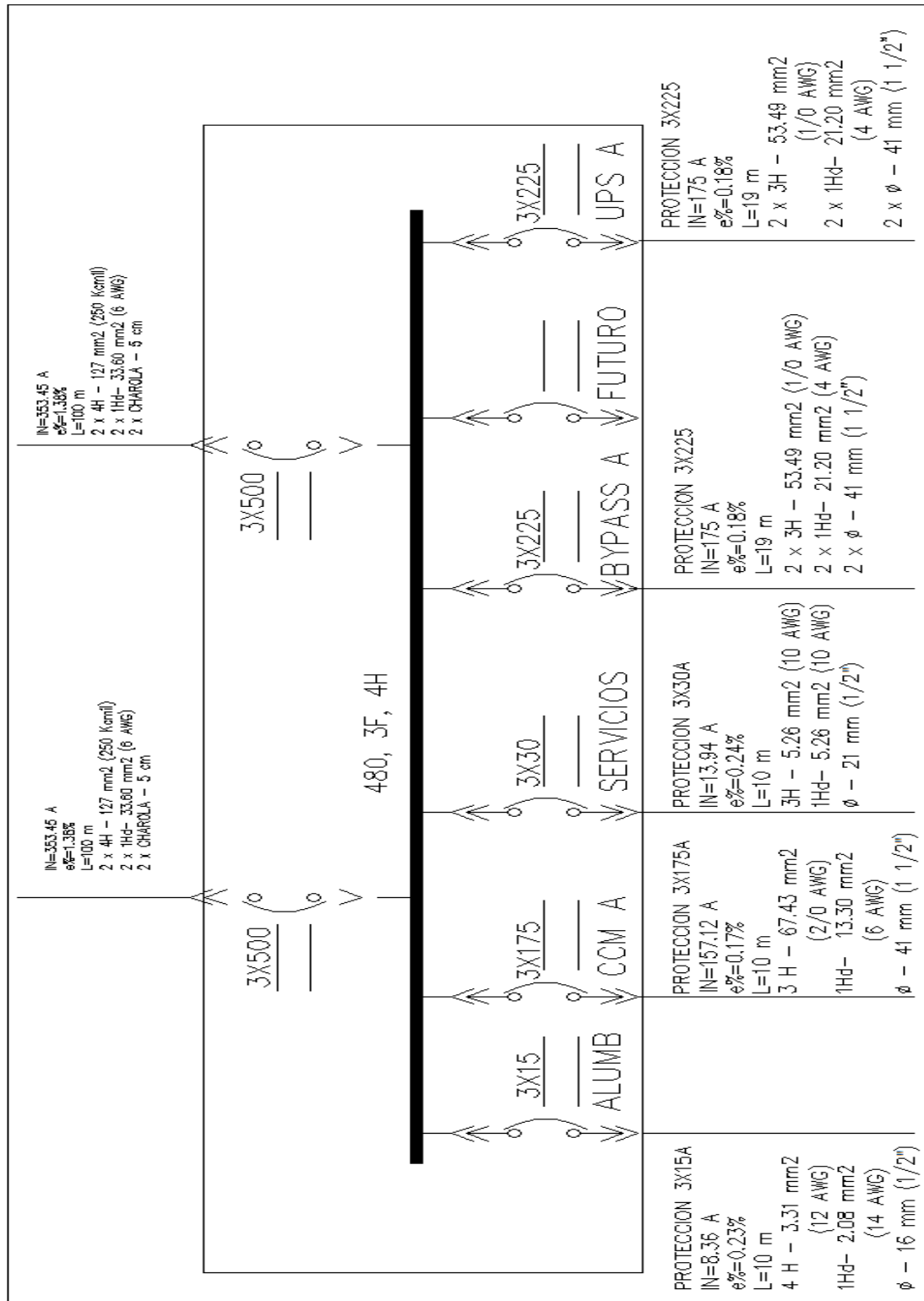
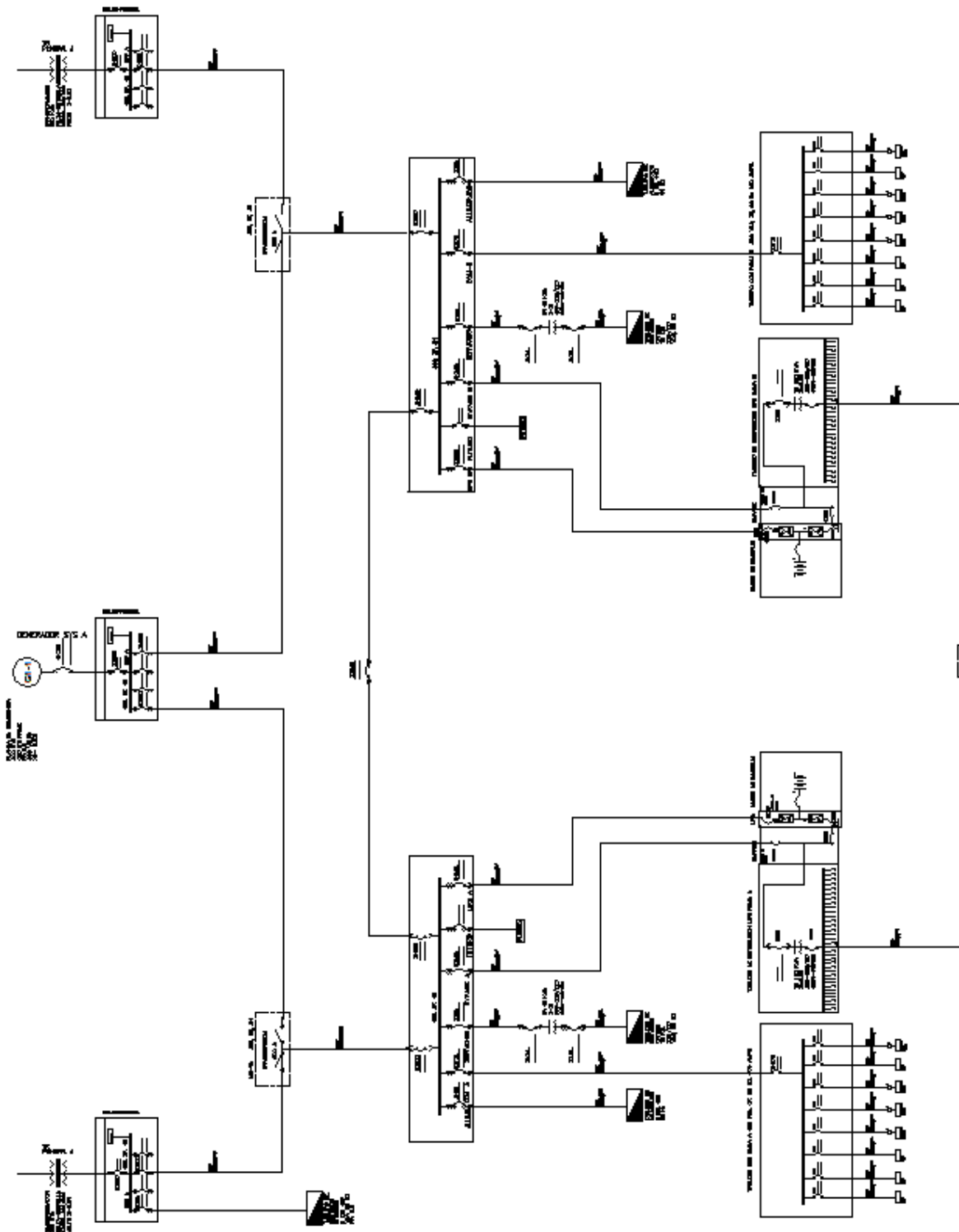




DIAGRAMA UNIFILAR DEL DATA CENTER





CAPITULO 8. DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Al mismo tiempo en que avanza la tecnología y las necesidades de esta, también lo hace la necesidad de tener una eficaz protección; tanto para los equipos que componen nuestra sistema eléctrico como para los usuarios.

Una falla eléctrica, ya sea, en un equipo o por alguna mala maniobra, así como una descarga eléctrica, producen corrientes eléctricas que viajan a través de caminos no deseados, el suelo, las carcasas de los equipos, etc. en general cualquier estructuras metálica se puede energizar. Es por ello que surge la puesta a tierra, para guiar o proveer de un camino fácil a tierra, para aquellas corrientes no deseadas; este camino guiado a través de baja impedancia permitirá que los dispositivos de protección operen y liberen la falla.

Desde el punto de visto económico se ha visto la eficacia de invertir, en un diseño de sistema de tierras con anticipación; que asumir los costos, por no tener dicho sistema y repara los daños ocasionados ante una falla. Pero aún más importante se ha concebido el concepto de sistema de tierras como eje primordial para la protección de la vida.

El sistema de tierras puede conformarse desde una varilla enterrada al suelo o ser tan complejo, como una malla con características únicas. Su principal función consiste en formar el camino más fácil para la conducción de la energía eléctrica y llevar a tierra. Esta energía eléctrica puede darse por una falla en algún equipo eléctrico, por un error humano al realizar una maniobra o por una descarga atmosférica. La magnitud puede variar, desde unos cuantos amperes hasta miles de amperes y tener características únicas. Es por ello que el diseño de un sistema de tierra consta de un profundo análisis donde se tomen en cuenta todos estos factores.



La premisa de salvaguardar la integridad de las personas y equipos ha llevado a autoridades a aplicar ciertas normatividades para la correcta instalación de sistemas de tierras; como el código nacional eléctrico (NEC-NFPA70-2005), el Std 80 2000-ANSI/IEEE, NMX-j-549-2005 y la NOM 001 Sede 2012.

El presente trabajo se enfoca objetivamente al **DATA CENTER**, este puede ser parte de un edificio, corporativo, banco, etc. Por tal motivo se asume que existe toda una infraestructura más allá del centro de **DATA CENTER**. Mencionado esto se procederá al diseño del sistema de tierras del espacio que conlleva el centro de datos únicamente (sala de fuerza y sala de comunicaciones) y asumiendo que existe un sistema de tierras principal de la entidad; y que el **DATA CENTER** es una parte de este sistema.

Normatividad.

Existen diferentes normatividades que nos exigen el uso de la puesta a tierra, con la finalidad de construir una trayectoria intencional, eléctricamente conductora para transportar la corriente de falla a tierra, bajo cualquiera de las condiciones mencionadas.

La NOM-001-sede-2012 en el artículo 250-52, menciona que todos los electrodos de puesta a tierra serán conectados entre sí con la finalidad de formar una malla; cuyo valor no deberá exceder los 25 Ohms para la sala de fuerza y 5 Ohms para sistemas electrónicos. Así como el conductor de cobre desnudo no debe ser menor de 21.2 mm² (4 AWG) y el electrodo no debe tener menos de 2.44 m de longitud, en el caso de varillas de acero recubiertas de cobre debe tener como mínimo 16 mm de diámetro. Cada sistema de puesta a tierra debe estar a no menos de 1.8 m de otro electrodo.



ICREA Std 131-2013. Generalmente el conductor de puesta a tierra es desnudo, pero se permite el conductor aislado. Deberá constar únicamente de un puente de unión entre el hilo de tierra y el neutro. Las uniones de los electrodos deberán ser con soldadura exotérmica; en ningún caso la impedancia del sistema de puesta a tierra deberá exceder 2 Ohms, dentro de la banda de 0 a 1800 Hz. Se deberá unir el sistema de tierra de la sala de comunicaciones con los otros existentes en el inmueble.

La NMX-J-549 ANCE 2005 menciona que el sistema de tierra para el pararrayos no deberá exceder de 10 Ohms, así como debe ocuparse un registro para cada conductor de bajada, el conductor de bajada se permitirá que se una solera, una barra redonda, un cable o un conductor de bajada natural, la distancia mínima de seguridad para las bajadas será calculada con:

$$s = k_i \frac{kc}{km} l \quad \text{y} \quad s = k_i \frac{kc}{km} l .$$

Donde:

s es la distancia de seguridad

d es la distancia entre los elementos a evaluar

Ki factor que depende del nivel de protección seleccionado de la tabla 7 de la norma

Kc depende de la configuración dimensional de la figura 14 de la norma

Km depende del material de separación, aire o sólido, tabla 8 de la norma

L es la longitud del conductor de bajada, desde el punto a evaluar a tierra.



Los electrodos deberán instalarse a una distancia de 1m o mayor de la estructura y a profundidades de 0,6 m o más. El conductor de unión de la puesta a tierra con el pararrayos deberá estar canalizado, con una canalización no metálica, a fin de evitar contactos accidentales.

Dada la situación de la gran cantidad de variables para ejecutar un diseño preciso en el sistema de tierras recurriremos al diagrama propuesto por el estándar IEEE Std 80-2000 y por el Ing. Lopez Monroy, en su libro “Sistemas de tierras en redes de distribución”, el cual se muestra a continuación

Tabla19. Valores de resistencia por norma.

Tabla de valores de resistencia		
Sistema	Norma	Resistencia (Ω)
Sala de fuerza	NOM-001-sede-2012	<25
Sala de comunicaciones	NOM-001-sede-2012	<5
Sala de fuerza	ICREA std-131-2013	<2
Sala de comunicaciones	ICREA std-131-2013	<2

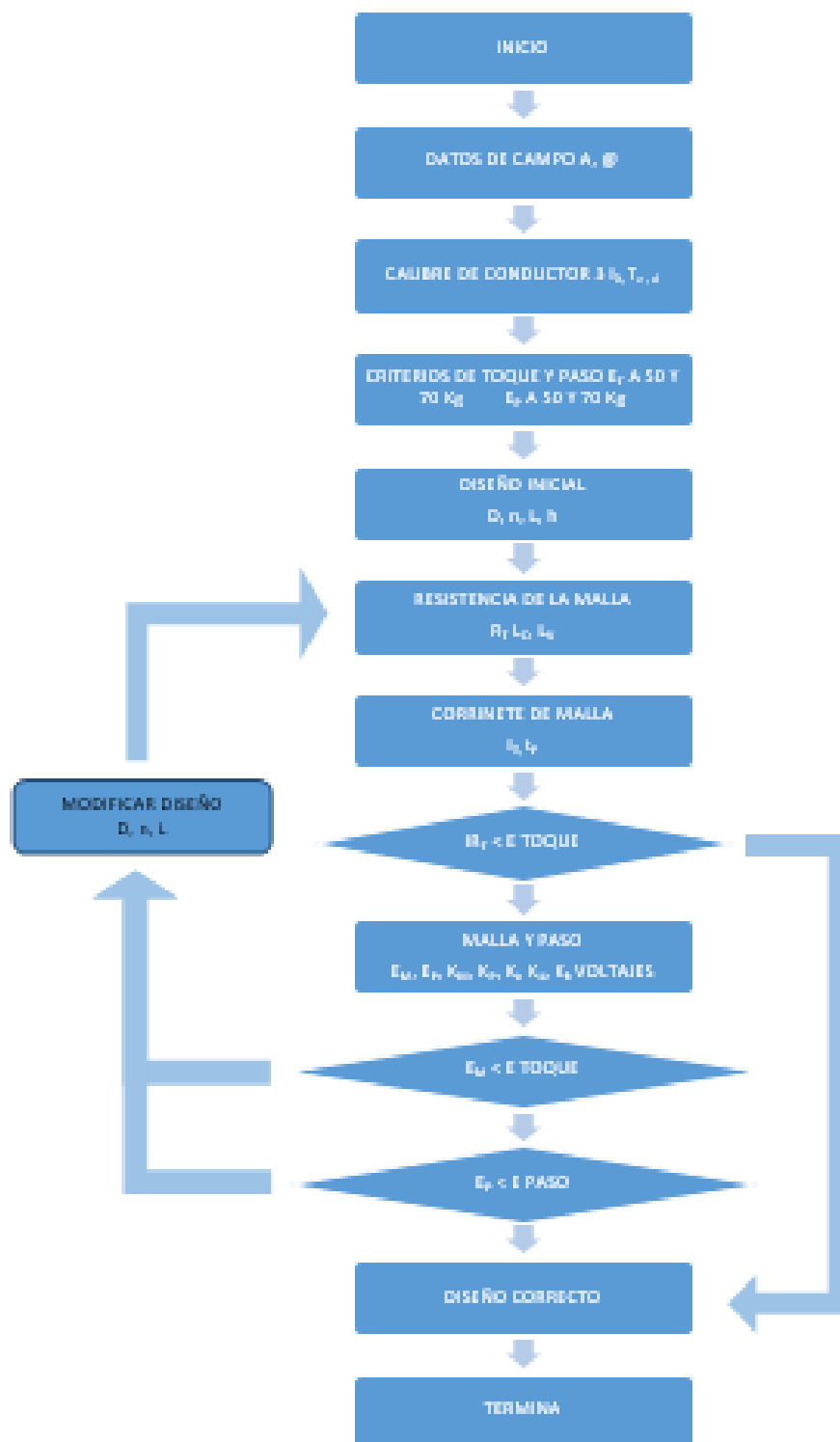


Fig 26. Diagrama de flujo para el diseño de sistemas de tierras.



Donde:

A	área total de red de tierras en m^2 .
@	Resistividad del suelo en Ohms- metro
$3I_0$	corriente de falla simétrica en A
t_c conductor	duración de la falla en segundos, para determinar el calibre del
d	diámetro del conductor de la red en m
E_T a 50 Kg	voltaje de toque a tolerable por el cuerpo humano con un peso de 50 Kg.
E_T a 70 Kg	voltaje de toque a tolerable por el cuerpo humano con un peso de 70 Kg.
E_P a 50 Kg	voltaje de paso a tolerable por el cuerpo humano con un peso de 50 Kg.
E_P a 70 Kg	voltaje de paso a tolerable por el cuerpo humano con un peso de 70 Kg.
D	espacio entre conductores paralelos de la malla de tierras.
n	número de conductores paralelos de la malla en m
L	longitud total del conductor enterrado y de las varillas de tierra.
h	profundidad de la red de tierra en m
R_t	resistencia a tierra del sistema en Ohms
L_c	longitud del conductor enterrado en m
L_v	longitud de la varilla de tierra en m
I_T	corriente máxima que fluye a tierra en A
t_f	tiempo que dura la falla en segundos.
E_m	voltaje de la malla en el centro de la esquina en volts
E_p	voltaje de paso en un punto fuera de la esquina de la malla a 1 m en diagonal hacia afuera de la malla de tierras.



K_m	factor de espaciamiento para el voltaje de malla
K_p	factor de espaciamiento para el voltaje de paso
K_i	factor de corrección por geometría de la malla
K_{ii}	factor de corrección de peso que ajusta los efectos de los conductores internos en las esquinas de la malla.
K_h	factor de corrección de peso que enfatiza los efectos de la profundidad de la malla

Resistividad del terreno.

La resistividad del terreno se refiere a la resistencia al paso de la corriente propia del terreno; es decir está en función de las propiedades intrínsecas del material, por lo cual es necesario realizar estudios acerca del material donde se plantea realizar el sistema de tierras. Existen diversos tipos de terreno, los cuales poseen características como: la humedad, composición química, temperatura etc. Estas características del tipo de suelo no ayudan a determinar la resistencia a tierra, factor determinante para calcular la puesta a tierra y los gradientes que se pudieran llegar a presentar, esto para los voltajes de paso y toque.

Las unidades de medición de la resistividad son: Ohms – metro (Ω -m). En la actualidad existe una gran cantidad de literatura que proveen de datos técnico y tabulaciones donde se han plasmado valores para determinar los valores de resistividad de los diferentes tipos de terreno.

Sin embargo se recomienda altamente que se haga una medición de la resistividad del terreno, esto debido a que la resistividad no es una constante en el mismo tipo de suelo, porque se ve afectada por las variables mencionadas anteriormente, se recomienda hacer varias lecturas para obtener un mejor resultado.



Tabla No. 20 Resistividad para distintos tipos de suelo

Tipo de suelo	Resistividad, ρ (Ω -m)
Tierra orgánica húmeda	10
Tierra húmeda	100
Tierra seca	1000
Roca	5700

A continuación mencionaremos brevemente uno de los distintos métodos que existen para realizar las lecturas de resistividad del terreno.

Método de Wenner

También llamado método de los 4 electrodos, consiste en hacer pasar una corriente a través del suelo y los electrodos C1 y C2 y en los electrodos P1 y P2 se mide la diferencia de potencial, se procede a tomar lecturas con el equipo de medición, conocido como “megger de tierras”.

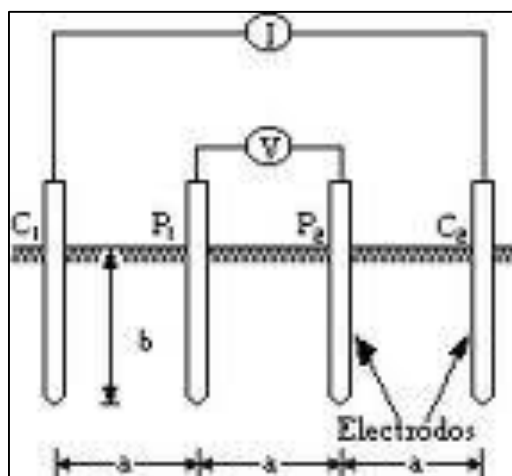


Fig. No 27 Método de Wenner.

Donde:

ρ : resistividad del terreno



a: separación entre electrodos

b: profundidad

R: lectura de megger en Ohms

Se recomienda una relación de $\frac{a}{b} \geq 20$, entonces

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

Pero si $a \gg b$

$$\rho = 4\pi a R$$

Método de la resistencia a tierra del terreno.

Al igual que en la medición de la resistividad existen varios métodos, plantearemos uno para ejemplificar.

Método de la caída de tensión.

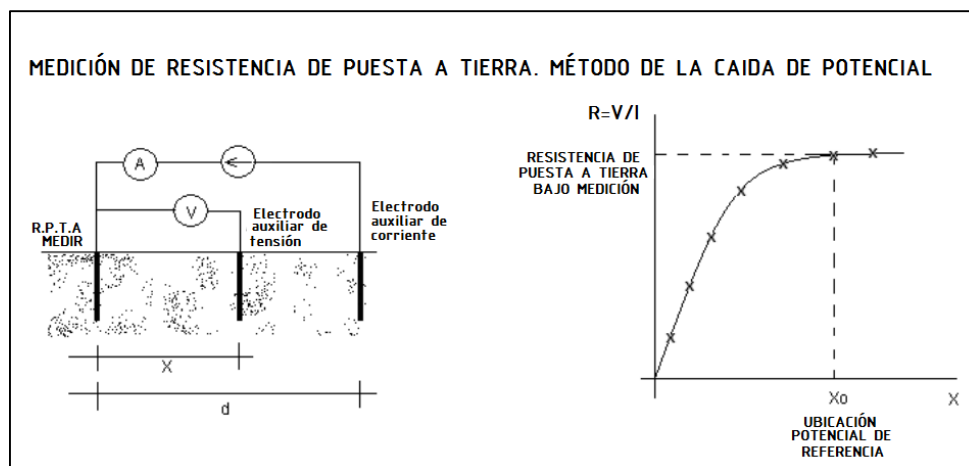


Fig. No 28 Método de la caída de tensión.



El método consiste en hacer para corriente por un electrodo de prueba de corriente y medir el nivel de potencial en otro electrodo auxiliar, llamado de potencial, y a través de la ley de ohm se conoce la resistencia. Se deben tomar varias lecturas a diferentes distancias para tener una acertada tabulación.

Teóricamente se puede obtener este valor sustituyendo los valores de resistividad del terreno, el diámetro del electrodo y longitud enterrada del mismo en la siguiente ecuación.

$$p = \frac{2\pi LR}{Ln \frac{4L}{d}}$$

8.1 SISTEMA DE TIERRA AISLADO.

Como resultado de la gran cantidad de señales que viajan a través de los diferentes medios de propagación se produce ruido eléctrico, que afectan a múltiples sistemas, muchos de ellos no les afecta significativamente esta interferencia; pero cuando hablamos de sistemas de telecomunicaciones y centros de procesamiento de datos, se vuelve de verdadera importancia. Como lo mencionamos una falla o descarga eléctrica produce corrientes no deseadas y estas a su vez, potenciales que varían su magnitud de acuerdo a punto y magnitud de la falla. Estos potenciales pueden ocasionar graves daños e incluso datos erróneos en los centros de procesamiento de datos. Es por ello que se recurren a los sistemas de tierra aislados

Un sistema de tierra aislado, tiene su propio electrodo o malla de tierras, dependiendo de los requerimientos; destinada, en este caso para la sala de comunicaciones, cuyas trayectorias del hilo de tierra se conectan a cubiertas, gabinetes y cualquier parte metálica de los equipos de comunicación que pudieran llegar a energizarse, ante un posible evento. De esta manera se logra que cualquier falla fuera de la sala de comunicaciones, sea ajena al sistema de tierras, y así evitar ruido eléctrico y sobrevoltajes en dicha sala.



Un sistema de tierras adecuado en una sala de comunicaciones, además de proporcionarnos una trayectoria de baja impedancia ante cualquier disturbio; deberá ser capaz, de igual manera, de aislar el sistema ante interferencia electromagnética existentes en el medio.

Propuesta de malla de tierras para la sala de comunicaciones.

Con la finalidad de proveer un plano equipotencial y evitar interferencia electromagnética, se propone la conformación de una malla de tierras, delimitada por un anillo que abarca la sala de comunicaciones.

Del plano propuesto en el diseño arquitectónico (Capítulo 4.1) se tienen las siguientes dimensiones:

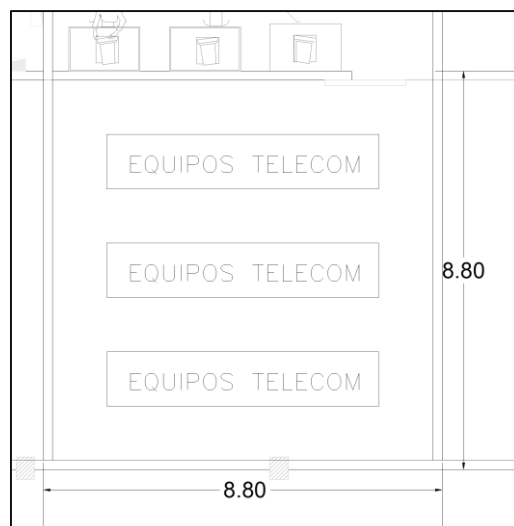


Fig. No 29 Sala de comunicaciones (arquitectónico)

Una área de 8.8 x 8.8 metros, con lo cual se propone una malla de 9 x 9 metros; con las dimensiones mostradas en la siguiente figura, enterrados a una profundidad de 0.80 metros y cuatro electrodos enterrados verticalmente, con la finalidad de no exceder los 2 Ohms, señalados por el estándar 131-2013 de ICREA y el estándar 1100-2005 de IEEE.

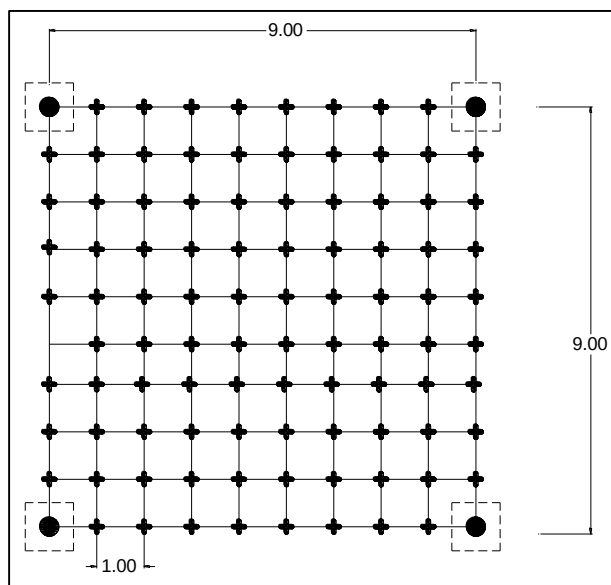


Fig. No 30 Malla de tierras para la sala de comunicaciones.

Resistencia de la malla.

Dado el alcance del presente trabajo, donde se pretende mostrar cómo llevar a cabo la implementación de un site, no se cuenta con un dato de la ubicación en un mapa, por lo cual no se ha realizado un estudio de la resistividad del terreno, ante lo cual se supone un terreno húmedo (100 ohm –metro), de las tablas de los diferentes tipos de suelos; con la intención de mostrar el cálculo que se tendría que seguir, independientemente del valor de resistividad del terreno.

Se calcula la resistencia de la red de tierras por formula general:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{4L}{d}$$

Donde:

R: resistencia de la malla de tierras

P: resistividad del terreno



L: longitud de la malla

d: diámetro del conductor

Se tiene una malla compuesta por 10 segmentos horizontales de 9 m y 10 segmentos verticales de 9 m, de cobre de 4/0, esto debido a las recomendaciones para evitar la corrosión; todas las uniones están realizadas con soldadura exotérmica de termofusión, evitando el uso de conectores mecánicos.

$$L = (10 \times 9) + (10 \times 9) + (3 \times 4) = 192 \text{ m}$$

$$R = \frac{100}{2\pi(192)} \ln \frac{4(192)}{0.013} = 0.91 \Omega$$

Con lo cual se cumple una resistencia a tierra de la malla menor a 2 Ohms.

8.2 SALA DE FUERZA

Propuesta de malla de tierras para la sala de fuerza.

La corriente de corto circuito; generalmente es un dato que nos proporciona la compañía suministradora, suele hacerlo en potencia de cortocircuito; por lo que con la siguiente ecuación encontramos la corriente de corto circuito.

$$I_{cc} = \frac{MVA(1000)}{(\sqrt{3})kV}$$

Debido a que no siempre se cuenta con el apoyo de la compañía suministradora, se ha ideado un método a través de cual se calcula la corriente de corto circuito. Dicho método es “el método de Bus infinito”: el cual consiste en suponer una potencia de corto circuito muy grande en la acometida y por lo tanto la impedancia de corto circuito tiende a cero, representándolo en nuestro diagrama como el bus de referencia.

$$X_{\text{compañía suministradora}} = j \ 0 \text{ p.u.}$$

En base al diagrama unifilar, construimos nuestro diagrama con los elementos principales y aportadores de corriente de corto circuito. Cabe señalar que las cargas, como alumbrado y servicios generales, no se consideran para el cálculo de corto circuito. Esto debido a que para el cálculo de corto circuito se consideran aquellos elementos activos, como lo son las maquinas eléctricas rotativas y los transformadores, así como la red de suministro de energía eléctrica.

Se utilizara el método de componentes simétricas para el cálculo de corto circuito.

El diagrama consta de 5 buses y 8 elementos aportadores de corriente. En base al diagrama anterior se procede al cálculo de corto circuito por método de componentes simétricas.

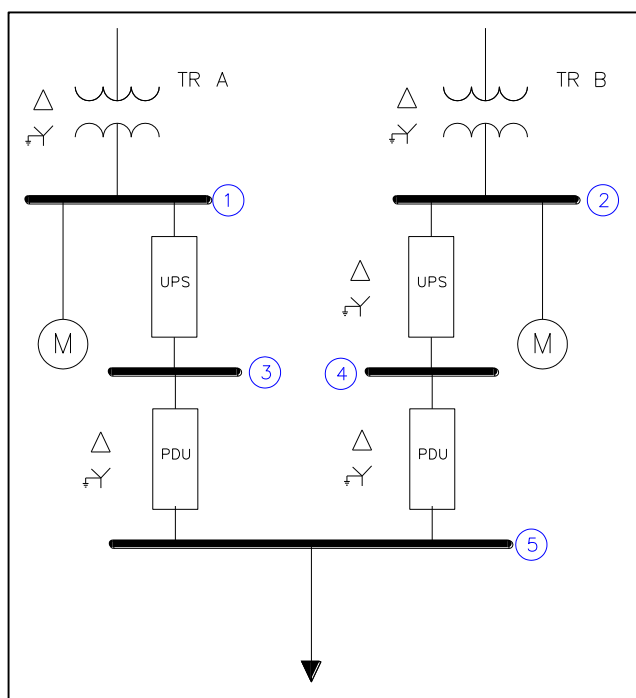


Fig. No 31 Diagrama unifilar para cálculo de curto circuito.



Se consideran las siguientes características eléctricas, únicamente son ilustrativas (ya que no se cuentan con las fichas técnicas de los equipos propuestos), para fines de cálculo.

Tabla No 21 características eléctricas de lo equipos

Elemento eléctrico	Potencia (KVA)	Voltaje de operación	% de impedancia $X_0 = X_1 = X_2$
Transformador A	300 KVA	23 KV - 480 V	5%
Transformador B	300 KVA	23 KV - 480 V	5%
* MOTORES A.A. "A"	150 KVA	480 V	7%
* MOTORES A.A. "B"	150 KVA	480 V	7%
UPS "A"	120	480 - 480 V	3%
UPS "B"	120	480 - 480 V	3%
PDU "A"	125	480 - 220 V	5%
PDU "B"	125	480 - 220 V	5%

*Se consideran todos los motores para acondicionamiento similares, con %Z iguales; por lo que se representa como un solo motor de potencia igual a la sumatoria de todos los motores y con %Z y mismo voltaje de operación igual a los motores.

Calculo de corto circuito

1.- Se transforman a p.u. cada impedancia de componente eléctrico

Se toma como bases $S_B = 0.3MVA$ y $V_B = 23KV$ en el bus 1

$TR_A :$

$V_B = 23KV$

$$X_1 = X_2 = X_0 = 0.05 \left(\frac{0.3}{0.3} \right) \left(\frac{23}{23} \right)^2 = j0.05 pu$$



$TR_B :$

$$V_B = 23KV$$

$$X_1 = X_2 = X_0 = 0.05 \left(\frac{0.3}{0.3} \right) \left(\frac{23}{23} \right)^2 = j0.05 pu$$

$MotorA.A_A :$

$$V_B = 480V$$

$$X_1 = X_2 = X_0 = 0.07 \left(\frac{0.3}{150} \right) \left(\frac{.480}{.480} \right)^2 = j0.14 pu$$

$MotorA.A_B :$

$$V_B = 480V$$

$$X_1 = X_2 = X_0 = 0.07 \left(\frac{0.3}{150} \right) \left(\frac{.480}{.480} \right)^2 = j0.14 pu$$

$UPS_A :$

$$V_B = 480V$$

$$X_1 = X_2 = X_0 = 0.03 \left(\frac{0.3}{120} \right) \left(\frac{.480}{.480} \right)^2 = j0.075 pu$$

$UPS_B = 480V$

$$X_1 = X_2 = X_0 = 0.03 \left(\frac{0.3}{120} \right) \left(\frac{.480}{.480} \right)^2 = j0.075 pu$$

$PDU_A = 480V$

$$X_1 = X_2 = X_0 = 0.05 \left(\frac{0.3}{125} \right) \left(\frac{.480}{.480} \right)^2 = j0.12 pu$$

$PDU_B = 480V$

$$X_1 = X_2 = X_0 = 0.05 \left(\frac{0.3}{125} \right) \left(\frac{.480}{.480} \right)^2 = j0.12 pu$$



Con lo cual se construye el diagrama de impedancias, tanto de secuencia positiva como de secuencia negativa. Y posteriormente en otro diagrama se muestra el diagrama de impedancia de secuencia cero.

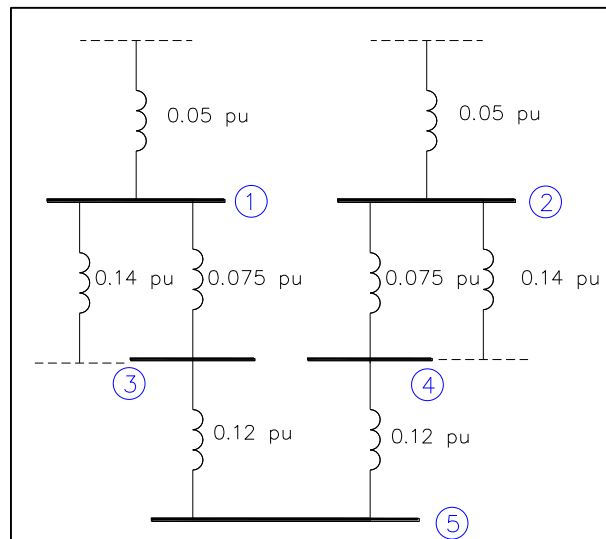


Fig. No 32 Diagrama de impedancia de secuencia positiva y negativa.

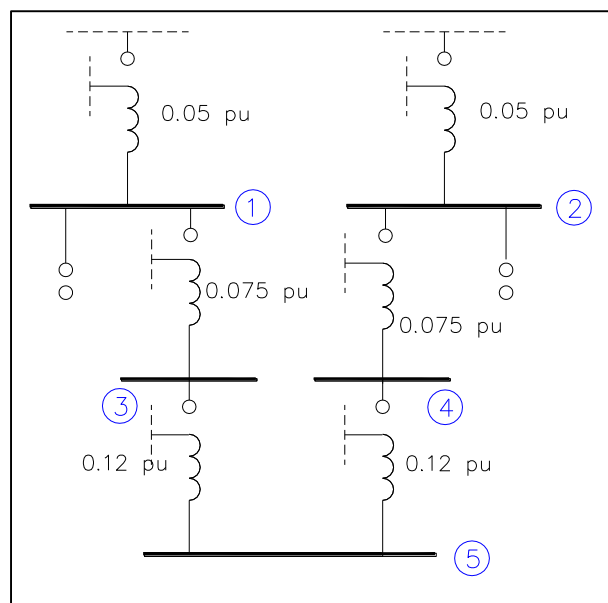


Fig. No 33 Diagrama de impedancia de secuencia cero.



A la falla monofásica, bifásica y bifásica a tierra se les conoce como “fallas asimétricas”, en tanto que a la falla trifásica se le conoce como “falla simétrica”.

Para diseñar un sistema de tierras, los únicos tipos de falla que se toman en cuenta son la falla monofásica y la falla bifásica a tierra; pero aun así es necesario hacer un análisis para saber cuál es más crítica o la de mayor magnitud, se consideran las siguientes situaciones:

Caso 1. Si $Z_1 \neq Z_2$

a) si $Z_0 Z_1 > Z_2^2$; la falla monofásica es la más crítica

b) si $Z_0 Z_1 < Z_2^2$, la falla bifásica a tierra es la más critica

Caso 2. Si $Z_1 = Z_2$

a) si $Z_0 > Z_1$; la falla monofásica es la más crítica

b) si $Z_0 < Z_1$, la falla bifásica a tierra es la más critica

Por tal motivo se calcula para el bus 1

Se reduce dicho diagrama, hasta una impedancia equivalente y una fuente de thevenin.

$$Z_{1eq} = \left\{ \left[(j0.05 \parallel j0.14) + j0.075 + j0.12 + j0.12 + j0.075 \right] \parallel j0.14 \right\} \parallel \{j0.05\}$$

$$Z_{1eq} = j0.0339 pu$$

$$Z_{0eq} = 0.05$$

$$E_{a1} = \left(\frac{480}{480} \right) = 1 pu$$

Dado que Z_0 es mayor que Z_1 , se calcula corto circuito para la falla monofásica.



$$I_{a0} = \frac{E_{a1}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{1}{j0.0339 + j0.0339 + j0.05} = 7.4889$$

$$I_a = 3I_{a0} = 3(7.4889) = 22.4667 \text{ pu}$$

Se tiene que la corriente de base es y la corriente en amperes

$$I_B = \frac{S_B(1000)}{V_{LL}} = \frac{0.3(1000)}{\sqrt{3}(.48)} = 360.84$$

$$I = I_B I_a = 8088.012$$

Tenemos una corriente de corto circuito (I_{cc}) de 8088.012 A.

Para el bus 2.

El bus 2 es un espejo contra el bus 1, por lo que el corto circuito para la falla monofásica a tierra es $I_{cc} = 8088.012 \text{ A}$

Para el bus 3.

Se reduce dicho diagrama, hasta una impedancia equivalente y una fuente de thevenin.

$$Z_{1eq} = \left\{ [(j0.05 \parallel j0.14) + j0.075 + j0.12 + j0.12] \parallel [(j0.05 \parallel j0.14) + j0.075] \right\}$$

$$Z_{1eq} = j0.0848 \text{ pu}$$

$$Z_{0eq} = 0.075$$

$$E_{a1} = \left(\frac{480}{480} \right) = 1 \text{ pu}$$

Dado que Z_1 es mayor que Z_0 , se calcula corto circuito para la falla bifásica a tierra.

$$I_{a0} = \frac{E_{a1} Z_2}{Z_1 Z_2 + Z_1 Z_0 + Z_2 Z_0} = \frac{1(j0.0848)}{(j0.0848)^2 + 2(j0.0848)(j0.075)} = j4.2589$$

$$I_b + I_c = 3I_{a0} = 3(4.2589) = 12.77 \text{ pu}$$



Se tiene que la corriente de base es y la corriente en amperes

$$I_B = \frac{S_B(1000)}{V_{LL}} = \frac{0.3(1000)}{\sqrt{3}(.48)} = 360.84$$

$$I = I_B I_a = 4610.39$$

Tenemos una corriente de corto circuito (I_{cc}) de 4610.39 A.

Para el bus 4.

El bus 4 es un espejo contra el bus 1, por lo que el corto circuito para la falla monofásica a tierra es $I_{cc} = 4610.39$ A

Para el bus 5.

Se reduce dicho diagrama, hasta una impedancia equivalente y una fuente de thevenin.

$$Z_{1eq} = \left\{ \left[(j0.05 \parallel j0.14) + j0.075 + j0.12 \right] \parallel \left[(j0.05 \parallel j0.14) + j0.075 + j0.12 \right] \right\}$$

$$Z_{1eq} = j0.1159 pu$$

$$Z_{0eq} = 0.12 \parallel 0.12 = 0.06$$

$$E_{a1} = \left(\frac{480}{480} \right) = 1 pu$$

Dado que Z_1 es mayor que Z_0 , se calcula corto circuito para la falla bifásica a tierra.

$$I_{a0} = \frac{E_{a1} Z_2}{Z_1 Z_2 + Z_1 Z_0 + Z_2 Z_0} = \frac{1(j0.1159)}{(j0.1159)^2 + 2(j0.1159)(j0.06)} = j4.239$$

$$I_b + I_c = 3I_{a0} = 3(4.239) = 12.71 pu$$

Se tiene que la corriente de base es y la corriente en amperes

$$I_B = \frac{S_B(1000)}{V_{LL}} = \frac{0.3(1000)}{\sqrt{3}(.48)} = 360.84$$

$$I = I_B I_a = 4578.21$$



Tenemos una corriente de corto circuito (I_{cc}) de 4578.21 A.

Se calcula malla de tierra para el caso más desfavorable, que es la falla monofásica a tierra en el bus 1.

Tenemos una corriente de corto circuito (I_{cc}) de 8088.012 A.

La siguiente ecuación nos permitirá calcular la sección del conductor de la red en circular mil.

$$A_{KCMIL} = I_{CC} \frac{197.4}{\sqrt{\left(\frac{TCAP}{t_f \alpha_r \rho_r}\right) \ln \left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_{amb}}\right)}}$$

Donde:

A: sección del conductor en mil circular mil

I_{cc} : es la corriente total en kA, después de calcular la corriente en el peor lugar de falla, así como afectada por el factor de asimetría y el factor de crecimiento a futuro.

TCAP: factor de capacidad térmica en joules/cm³/°C

t_f : tiempo de duración de la falla en segundos

α_r : Coeficiente térmico de resistividad a una temp. de 20 °C

ρ_r : resistividad del conductor a tierra a una temp. de referencia en micro – Ohms/cm³

K_0 : constante del material a una resistividad de 0 °C

T_m : temperatura de fusión del material



T_{amb} : Temperatura ambiente.

Se presenta tabla para los distintos materiales más ocupados.

Tabla No. 22 Constantes de materiales.

Descripción	Conductividad del material	Factor α a 20 °C (°C)	K_0 a 0 °C (°C)	Temperatura de fusión T_m (°C)	ρ a 20 °C ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	Factor de capacidad térmica por unidad de volumen [$\text{J} / (\text{cm} \cdot \text{C}^3)$]
Cobre recocido suave inmersión	100	0.00393	234	1083	1.72	3.42
Cobre comercial inmersión dura	97	0.00381	242	1084	1.78	3.42
Cobre revestido alambre de acero	40	0.00378	245	1084	4.4	3.85
Cobre revestido barra de acero	30	0.00378	245	1084	5.86	3.85
Acero 1020	10.8	0.0016	605	1510	15.9	3.28
Acero revestido barra de acero	9.8	0.0016	605	1400	17.5	4.44
Zinc bañado barra de acero	8.6	0.0032	293	419	20.1	3.93
Acero inoxidable 304	2.4	0.0013	749	1400	72	4.03

Para el presente sistema de tierras seleccionaremos el cobre comercial de inmersión dura, el cuál es el más común para la instalación de sistemas de tierras.

Por lo cual tenemos que:



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UN DATA CENTER



$$A_{CMIL} = (8088.012) \frac{197.4}{\sqrt{\left(\frac{3.42}{(0.5)(1.78)(0.00381)}\right) \ln\left(\frac{242+1084}{242+25}\right)}}$$

$$A_{CMIL} = 68332.19$$

Seleccionamos el calibre del conductor de la siguiente tabla.

Tabla No. 23. Diámetros y áreas de conductores

Calibre		Diámetro del cobre	Área del cobre	
ALAMBRES	14	1.63	2.08	4160
	12	2.05	3.3	6600
	10	2.59	5.26	10520
	8	3.26	8.34	16680
CABLES	14	1.84	2.65	5520
	12	2.32	4.22	8440
	10	2.95	6.83	13660
	8	3.71	10.8	21600
	6	3.91	12	26240
	4	5.89	27.24	41740
	2	7.42	43.22	66370
	1/0	9.47	70.43	105500
	2/0	10.64	88.9	133100
	3/0	11.94	111.96	167800
	4/0	13.41	141.21	211600
	250	14.61	167.64	250000
	300	16	200.96	300000
	400	18.49	268.51	400000
	500	20.65	334.91	500000

Por lo que la tabla nos refiere a un cable calibre 1/0 AWG. Por cuestiones de resistencia mecánica, ya que está expuesto a esfuerzos mecánicos y con la finalidad de evitar la corrosión, así como estadísticamente las compañías de distribución



eléctrica tienen instalado, en mayor número, hilo de cobre cal 4/0, teniendo muy buenos resultados.

Por lo cual se propone la utilización de un hilo de cobre cal 4/0.

Voltaje de paso y voltaje de toque.

Cuando se presenta una falla a tierra, se producen corrientes a través de los distintos medios conductores, que al paso a través de su resistencias de estos medios, generan potenciales, que pueden ser peligrosos, ya sea para equipos y principalmente para los usuarios que se encuentren en el área. Es por ello que se deben tomar en cuenta factores importantes para salvaguardar la integridad de las personas y del equipo.

Es importante recalcar un concepto, con el cual se tiende a definir el sistema de tierras, para no exceder aquellos potenciales tolerables.

Efectos de la corriente en el cuerpo.

El paso de la corriente eléctrica por el cuerpo humano puede ocasionar diversos efectos, que van desde un cosquilleo que es inofensivo, lesiones quemaduras, caídas e incluso la muerte. Distintos factores intervienen para ocasionar daños en el cuerpo, como la duración de la corriente en el cuerpo, la intensidad de voltaje, la resistencia del cuerpo, la frecuencia, así como la trayectoria. Como cada cuerpo es único, no existe una constante para determinar el daño que se puede causar, pero alrededor de los 6 mA empiezan contracciones musculares, y la alrededor de los 200 mA por un periodo de 100 ms puede provocar fibrilación ventricular. La fibrilación ocurre cuando el corazón, debido al efecto de la electricidad tiene



movimientos arrítmicos y deja de bombear sangra a distintos órganos, siendo la primer causa de muerte por choque eléctrico.⁹

De algunos experimentos se ha determinado las siguientes ecuaciones:

$$I = \frac{0.116}{\sqrt{t}}; \text{ para } 50\text{Kg}$$

$$I = \frac{0.157}{\sqrt{t}}; \text{ para } 70\text{Kg}$$

Donde

I: es la corriente de fibrilación

T: tiempo que circula la corriente.

Cálculo de potenciales de paso y de contacto.

Se conoce como potencial de toque o contacto aquel potencial que se origina entre una superficie electrizada en contacto debido a una corriente de falla, en la que se toca la estructura y al mismo tiempo hace contacto con su cuerpo donde está parado. El potencial máximo que podemos soportar está dado por la siguiente ecuación.

$$P_T = \frac{116 + 0.17\rho_s}{\sqrt{t}}, \text{ para } 50 \text{ Kg}$$

$$P_T = \frac{116 + 0.24\rho_s}{\sqrt{t}}, \text{ para } 70 \text{ Kg}$$

Donde:

⁹ <http://www.facmed.unam.mx/deptos/salud/censenanza/spivst/2012/40.pdf>



ρ_s : es la resistividad del terreno en Ohms – m

t : es la duración de la falla

se llama potencial de paso a la diferencia de potencial en la superficie del suelo, experimentado por una persona a una distancia de la apertura de sus piernas en el suelo, sin tener contacto con la superficie aterrizada, el potencial es a causa de una corriente de falla que circula por el suelo. Se obtiene mediante las siguientes ecuaciones.

$$P_p = \frac{116 + 0.7\rho_s}{\sqrt{t}}, \text{ para 50 Kg}$$

$$P_p = \frac{157 + \rho_s}{\sqrt{t}}, \text{ para 70 Kg.}$$

Se calcula voltajes de paso y de contacto en los peores casos, que son para 50Kg.

Debido a la gran diversidad de tipos de materiales usados para pisos falsos y para fines de cálculo, consideraremos una resistividad de 4000 ohms – metro; no sin antes recalcar la importancia de realizar un estudio de tierras en el terreno que se pretende destinar al sistema de tierras.

Así mismo se plantea un tiempo de duración de la falla de 8 a 30 ciclos, que es el rango en el que operan los interruptores, se considera una operación del interruptor de 20 ciclos, por lo que el tiempo de respuesta sería de 0.33 segundos.

$$P_T = \frac{116 + 0.17(4000)}{\sqrt{.33}} = 1385.65 \text{ V}, \text{ para 50 Kg}$$



$$P_p = \frac{116 + 0.7(4000)}{\sqrt{.33}} = 5076.1 \text{ V ; para 50 Kg.}$$

Planteamos el siguiente diseño para la malla de tierras de la sala de comunicaciones. Con 12 varillas copperweld recubiertas de cobre de 5/8 y un hilo de cobre de 4/0 que forme la malla de la forma que a continuación se muestra. El hilo de tierra estará enterrado a una profundidad de 50 a 100 cm, según lo permita el terreno. Las uniones deberán estar con soldadura exotérmica de termofusión, evitando la utilización de conectores mecánicos que a través del tiempo se deterioren.

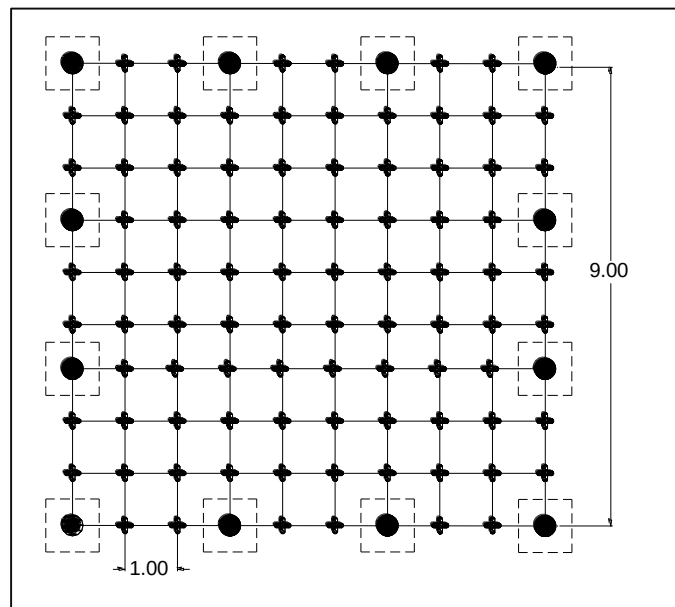


Fig. No. 34. Malla de tierras para el sistemas de tierras del data center.

Está formada por una cuadrícula de 10 tramos de 9.0 m horizontales, 10 tramos de 9 m verticales y 12 varilla de 3 m. de profundidad copperweld.



Resistencia de la malla.

Se calcula la resistencia de la red de tierras por formula general:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{4L}{d}$$

Donde:

R: resistencia de la malla de tierras

P: resistividad del terreno

L: longitud de la malla

d: diámetro del conductor

$$L = (10 \times 9) + (10 \times 9) + (12 \times 3) = 216m$$

$$R = \frac{100}{2\pi(216)} \ln \frac{4(216)}{0.013} = 0.81 \Omega$$

Se realiza la comparación marcada en el diagrama de flujo, verificando si la corriente de corto circuito es menor al potencial de toque soportado por el cuerpo humano

$$I \bullet R_T < E_{toque}$$

$$(8088.012)(0.818) = 6615.99A$$

La respuesta es negativa por lo cual calculamos voltaje máximo de paso y de malla, a través de las siguientes expresiones:

Voltaje de malla $E_m = \rho K_m K_i I_T / L$

Voltaje de paso $E_p = \rho K_p K_i I_T / L$



$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \ln \frac{8}{\pi(2n-1)} \right]$$

$K_{ii} = 1$, para malla con varilla a lo largo del perímetro o con varillas en las esquinas

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}}$$

$h_0 = 1$ m (referencia de la profundidad de la malla)

$$K_i = 0.656 + 0.172 n$$

$$K_p = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} w \right]$$

$$w = \frac{1}{2(n-1)} + \ln(n-1) - 0.423$$

Calculando K_m , K_h y K_i .

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{1}{1}} = 1.73$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{(1)^2}{16(0.5)(0.013)} + \frac{(1+2(0.5))^2}{8(1)(0.013)} - \frac{0.5}{4(0.013)} \right) + \frac{1}{1.73} \ln \frac{8}{\pi(2(10)-1)} \right]$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} [\ln(9.61 + 38.46 - 9.61) - 1.43] = 0.1532$$

$$K_i = 0.656 + 0.0172(10) = 2.2$$

$$w = \frac{1}{2(10-1)} + \ln(10-1) - 0.423 = 0.829$$



$$K_p = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2(.5)} + \frac{1}{1+.5} + \frac{1}{1} (0.829) \right] = 0.594$$

$$E_m = \frac{(100)(0.1532)(2.2)(8088.012)}{216} = 1262 \quad V$$

$$E_p = \frac{(100)(0.594)(2.2)(8088.012)}{216} = 4893.24 \quad V$$

De acuerdo al diagrama. Verificamos las desigualdades.

$$E_m < E_{\text{toque}}; 1262 < 1386.65$$

$$E_p < E_{\text{paso}}; 4893.24 < 5076.1.$$

Con lo anterior definimos que el diseño es correcto y no presentara peligro para el personal ni el equipo, que se encuentre dentro de las instalaciones.

8.3 SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

El sistema de pararrayos está compuesto por una terminal aérea, que es un dispositivo capaz de canalizar una descarga atmosférica. Así como un hilo de cobre de calibre especificado y una puesta a tierra que puede ser un electrodo o una malla, dependiendo de las características óhmicas del lugar.

Las descargas atmosféricas son fenómenos naturales aleatorios muy destructivos, los cuales, a base de observación se ha definido algunos datos que en la actualidad sirven de apoyo para realizar un cálculo de la protección contra descargas



atmosféricas. Este material de apoyo se encuentra en el apéndice D de la “NMX-J-549 ANCE 2005”, muestra un mapa a través del cual se da a conocer la densidad promedio de rayos a tierra (DRT) en cada estado de la república en unidades rayos/Km²/año.

Para la protección para descargas atmosféricas puede ser a través de hilos de guarda (para sistemas aéreos) que se componen de cable de acero galvanizado 7-H, 3/8 de pulgada de diámetro que se conectan a las torres, y estas se aterrizan; y las puntas de parraros para edificios y construcciones. En la actualidad hay una gran cantidad de sistemas que se ofrecen en el mercado, pero su finalidad es la misma, captar la descarga atmosférica y canalizarla de la forma correcta para evitar o minimizar los daños en al área a proteger.

El método de la esfera rodante en la NMX-J-549 ANCE 2005 plantea una forma eficaz de calcular el área de protección de una punta de pararrayos.



CAPITULO 10. ANEXOS.

ANEXO 1. Artículos extraídos de la NOM-SEDE-001-2012.

ARTÍCULO 210. CIRCUITOS DERIVADOS.

A. Generalidades

210-1. Alcance. Este artículo cubre los requisitos para los circuitos derivados, excepto aquellos que alimenten únicamente cargas de motores, los cuales se cubren en el Artículo 430. Las disposiciones de este Artículo y del 430 se aplican a los circuitos derivados con cargas combinadas.

B. Clasificación de los circuitos derivados

210-19. Conductores. Ampacidad y tamaño mínimos.

a) Circuitos derivados de hasta 600 volts.

1) General. Los conductores de los circuitos derivados deben tener una ampacidad no menor que la correspondiente a la carga máxima que será alimentada. Cuando un circuito derivado suministra cargas continuas o una combinación de cargas continuas y no-continuas, el tamaño mínimo del conductor del circuito derivado, antes de la aplicación de cualquier factor de ajuste o de corrección, deberá tener una ampacidad permisible no menor que la carga no-continua más el 125 por ciento de la carga continua.

Excepción 1: Si el ensamble, incluidos los dispositivos de sobrecorriente que protegen los circuitos derivados, está aprobado para operación al 100 por ciento de su capacidad nominal, se permitirá que la ampacidad de los conductores del circuito derivado no sea menor a la suma de las cargas continuas más las cargas no-continuas.



NOTA 4: Los conductores de circuitos derivados como están definidos en el Artículo 100, dimensionados para evitar una caída de tensión mayor que 3 por ciento en la salida más lejana que alimente a cargas de calefacción, de fuerza, de alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión combinada de los circuitos alimentadores y de los circuitos derivados hasta el contacto más lejano no supere 5 por ciento, proporcionarán una razonable eficiencia de funcionamiento. Para la caída de tensión de los conductores de los circuitos alimentadores, véase la NOTA 2 de 215-2(a)(3).

210-20. Protección contra sobrecorriente. Los conductores de circuitos derivados y los equipos deben estar protegidos mediante dispositivos de protección contra sobrecorriente con valor nominal o ajuste que cumpla lo establecido en (a) hasta (d) siguientes.

a) Cargas continuas y no continuas. Cuando un circuito derivado alimenta cargas continuas o cualquier combinación de cargas continuas y no-continuas, la capacidad nominal del dispositivo de sobrecorriente no debe ser menor a la carga no-continua más el 125 por ciento de la carga continua.

ARTÍCULO 215. ALIMENTADORES.

215-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos de instalación, de protección contra sobrecorriente, de la ampacidad y tamaño mínimo de los conductores, para los alimentadores que suministran energía a las cargas de los circuitos derivados.

215-2. Capacidad y tamaños mínimos del conductor.

a) Alimentadores hasta de 600 volts.

1) General. Los conductores de los alimentadores deben tener una ampacidad no menor que la necesaria para suministrar energía a las cargas calculadas de acuerdo a las Partes C, D y E del Artículo 220. El tamaño mínimo del conductor del circuito alimentador antes de la aplicación de cualquier ajuste o de factores de corrección, debe tener una ampacidad permisible no menor a la carga no continua, más el 125 por ciento de la carga continua.



NOTA 2: Los conductores de los alimentadores tal como están definidos en el Artículo 100, con un tamaño que evite una caída de tensión superior al 3 por ciento en la salida más lejana para cargas de fuerza, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión de los circuitos alimentadores y derivados hasta la salida más lejana no supere el 5 por ciento, ofrecerán una eficiencia de funcionamiento razonable.

b) Alimentadores de más de 600 volts.

1) Alimentadores que dan suministro a transformadores. Cuando únicamente se alimentan transformadores, la ampacidad de los conductores de los alimentadores no debe ser menor a la suma de las capacidades nominales indicadas en las placas de los transformadores alimentados.

2) Alimentadores que dan suministro a transformadores y a equipo de utilización. La ampacidad de los alimentadores que dan suministro a una combinación de transformadores y equipo de utilización no debe ser menor a la suma de las capacidades nominales indicadas en las placas de los transformadores alimentados, y el 125 por ciento de la carga de diseño prevista del equipo de utilización que funcionará simultáneamente.

215-3. Protección contra sobrecorriente. Los alimentadores deben estar protegidos contra sobrecorriente según lo establecido en la Parte A del Artículo 240. Cuando un alimentador suministra cargas continuas o cualquier combinación de cargas continuas y no continuas, la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe ser menor a la carga no continua, más el 125 por ciento de la carga continua.

ARTICULO 220. CÁLCULO DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS, ALIMENTADORES Y ACOMETIDAS.

220-1. Alcance. Este artículo cubre los requisitos para calcular las cargas de los circuitos derivados, de los alimentadores y de las acometidas. La Parte A proporciona los requisitos generales para los métodos de cálculo. La Parte B suministra los métodos de cálculo para



las cargas de los circuitos derivados. Las Partes C y D proporcionan los métodos de cálculo para los alimentadores y acometidas. La Parte E proporciona los métodos de cálculo para instalaciones agrícolas.

220-61. Carga del neutro del alimentador o de la acometida.

a) Cálculo básico. La carga del neutro del alimentador o de la acometida debe ser el máximo desequilibrio de la carga determinado por este Artículo. La carga de máximo desequilibrio debe ser la carga neta máxima calculada entre el neutro y cualquier otro conductor de fase.

ARTÍCULO 240. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE.

A. Generalidades

240-1. Alcance. Las partes A hasta G de este Artículo establecen los requisitos generales para la protección contra sobrecorriente para tensiones hasta de 600 volts. La Parte H establece los requisitos sobre la protección contra sobrecorriente para aquellas partes de instalaciones industriales supervisadas que operan a 600 volts o menos. La Parte I establece los requisitos de protección contra sobrecorriente para tensiones mayores que 600 volts.

NOTA: La protección contra sobrecorriente para conductores y equipos se instala para que abra el circuito, si la corriente alcanza un valor que cause una temperatura excesiva o peligrosa en los conductores o en su aislamiento. Ver también 110-9, para los requerimientos de capacidad de interrupción, y 110-10, para los requisitos de protección contra corrientes de falla.

240-4. Protección de los conductores. Los conductores que no sean cordones flexibles, cables flexibles ni alambres de luminarias, se deben proteger contra sobrecorriente de



acuerdo con su ampacidad, tal como se especifica en 310-15, excepto los casos permitidos o exigidos en los incisos (a) hasta (g) siguientes:

a) Peligro por pérdida de energía. No se debe exigir protección contra sobrecarga de los conductores cuando la interrupción del circuito pueda crear un riesgo, por ejemplo en los circuitos magnéticos de manejo de materiales o en bombas contra incendios. En estos casos se debe proporcionar protección contra cortocircuito.

b) Dispositivos de sobrecorriente de 800 amperes o menos. Se permitirá el uso de un dispositivo de protección contra sobrecorriente, de valor estándar inmediato superior (sobre la ampacidad de los conductores que proteja), siempre que se cumplan en su totalidad las siguientes condiciones:

- (1) Que los conductores protegidos no formen parte de un circuito derivado que alimenta más de un contacto para cargas portátiles conectadas con cordón y clavija.
- (2) Que la ampacidad de los conductores no corresponda a la corriente estándar de un fusible o de un interruptor automático sin ajuste para disparo por sobrecarga por encima de su valor nominal (pero se permitirá que tenga otros ajustes de disparo o valores nominales).
- (3) Que el valor estándar inmediato superior seleccionado no supere 800 amperes.

240-6. 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.



ARTÍCULO 250. PUESTA A TIERRA Y UNIÓN.

A. Generalidades

250-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos generales para la puesta a tierra y unión de instalaciones eléctricas y los requisitos específicos indicados en (a) hasta (f).

- a) Sistemas, circuitos y equipos en los que se exige, se permite o no se permite que estén puestos a tierra.
- b) El conductor del circuito que debe ser puesto a tierra en sistemas puestos a tierra.
- c) Ubicación de las conexiones de puesta a tierra.
- d) Tipos y tamaños de los conductores de unión y de puesta a tierra y electrodos de puesta a tierra.
- e) Métodos de puesta a tierra y unión.
- f) Condiciones bajo las cuales los protectores, la separación o el aislamiento eléctrico pueden ser sustituidos por la puesta a tierra.

250-122. Tamaño de los conductores de puesta a tierra de equipos.

a) General. Los conductores de puesta a tierra de equipos, de cobre, aluminio, o aluminio recubierto de cobre, del tipo alambre, no deben ser de tamaño menor a los mostrados en la Tabla 250-122, pero en ningún caso se exigirá que sean mayores que los conductores de los circuitos que alimentan el equipo. Cuando se usa una charola para cables, canalización, blindaje o cable armado como conductor de puesta a tierra de equipos, como se establece en 250-118 y 250-134(a), se debe cumplir con 250-4(a)(5) o (b)(4).

b) Incremento en el tamaño. Cuando se incrementa el tamaño de los conductores de fase, se debe incrementar el tamaño de los conductores de puesta a tierra de equipos, si hay instalados, proporcionalmente al área en mm² o kcmil de los conductores de fase.

c) Circuitos múltiples. Cuando un sólo conductor de puesta a tierra de equipos se instala con circuitos múltiples en la misma canalización, cable o charola para cables, se debe dimensionar para los conductores protegidos con el mayor dispositivo contra sobrecorriente



en la canalización, cable o charola para cables. Los conductores de puesta a tierra de equipos, instalados en charola para cables deben cumplir con los requisitos mínimos de 392-10(b)(1)(c).

d) Circuitos de motores. Los conductores de puesta a tierra de equipos para circuitos de motores se deben dimensionar según (1) o (2) siguientes.

1) General. El tamaño del conductor de puesta a tierra de equipos no debe ser menor al determinado en 250-122(a), con base en el valor nominal del dispositivo de protección contra cortocircuito y fallas a tierra del circuito derivado.

Tabla 250-122.- Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

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

Para cumplir con lo establecido en 250-4(a)(5) o (b)(4), el conductor de puesta a tierra de equipos podría ser de mayor tamaño que lo especificado en esta Tabla.

*Véase 250-120 para restricciones de instalación.



ARTÍCULO 310. CONDUCTORES PARA ALAMBRADO EN GENERAL.

A. Generalidades

310-1. Alcance. Este Artículo trata de los requisitos generales de los conductores y de sus denominaciones de tipo, aislamiento, marcado, resistencia mecánica, ampacidad y usos. Estos requisitos no se aplican a los conductores que forman parte integral de equipos como motores, controladores de motores y equipos similares, ni a los conductores específicamente tratados en otras partes de esta NOM.

310-15. Ampacidad para conductores con tensión de 0-2000 volts.

a) Generalidades

1) Tablas o supervisión de ingeniería. Se permitirá determinar la ampacidad de los conductores mediante Tablas, como se establece en 310-15 (b) o bajo la supervisión de ingeniería, como se establece en 310-15(c).

NOTA 1: En las ampacidades proporcionadas en esta sección no se tiene en cuenta la caída de tensión. Véase 210-19(a), Nota 4, para circuitos derivados y 215-2(a) Nota 2 para alimentadores.

3) Límites de temperatura de los conductores. Ningún conductor se debe utilizar de modo que su temperatura de operación supere la temperatura del aislamiento para la cual se diseña el tipo de conductor con aislamiento al que pertenezca. En ningún caso se deben unir los conductores de modo que, con respecto al tipo de circuito, al método de alambado aplicado o al número de conductores, se supere el límite de temperatura de alguno de los conductores.

NOTA: El valor nominal de temperatura de un conductor [véase Tablas 310-104(a) y 310-104(c)] es la temperatura máxima, en cualquier punto de su longitud, que puede soportar el



aislamiento del conductor durante un prolongado periodo de tiempo sin que se produzcan daños. Las Tablas de ampacidad permisible, las Tablas de ampacidad del Artículo 310 y las ampacidades del Apéndice B, los factores de corrección de temperatura ambiente en 310-15(b)(2) y las notas a las mismas, ofrecen orientación para coordinar el tipo, tamaño, ampacidad permisible, ampacidad, temperatura ambiente y número de conductores asociados. Los principales determinantes de la temperatura de operación son:

- (1) Temperatura ambiente. La temperatura ambiente puede variar a lo largo del conductor y con el tiempo.
- (2) El calor generado interiormente en el conductor por el flujo de la corriente, incluidas las corrientes fundamental y sus armónicos.
- (3) El valor nominal de disipación del calor generado en el medio ambiente. El aislamiento térmico que cubre o rodea a los conductores afecta el valor nominal de disipación del calor.
- (4) Los conductores adyacentes portadores de corriente. Los conductores adyacentes tienen el doble efecto de elevar la temperatura ambiente e impedir la disipación de calor.

b) Tablas. La ampacidad de los conductores de 0 a 2000 volts debe ser la especificada en las tablas de ampacidad permisible 310-15(b)(16) a 310-15(b)(19), y en las tablas de ampacidad 310-15(b)(20) y 310-15(b)(21), según se modifiquen con lo indicado en (b)(1) hasta (b)(7) siguientes.

NOTA: Las Tablas 310-15(b)(16) a 310-15(b)(19) son Tablas de aplicación para usarse en la determinación del tamaño de los conductores con las cargas calculadas de acuerdo con el Artículo 220.

La ampacidad permisible es el resultado de tener en cuenta uno o más de los siguientes factores:

- (1) La coordinación con los dispositivos de protección contra sobrecorriente del circuito y del sistema.
- (2) La conformidad con los requisitos de aprobación de productos. Véase 110-3(b).



(3) Cumplir con las normas de seguridad establecidas por las prácticas industriales y procedimientos normalizados.

1) Generalidades. Para la explicación de las letras usadas en las Tablas, y para los tamaños reconocidos de los conductores para los diferentes aislamientos de los mismos, véase las Tablas 310-104(a) y 310-104(b).

Para los requisitos de las instalaciones, véase 310-1 a 310-15(a)(3) y los diferentes Artículos de esta NOM.

2) Factores de corrección de temperatura ambiente. Las ampacidades para temperaturas ambientes diferentes a las mostradas en las tablas de ampacidad se deberán corregir de acuerdo con la Tabla 310-15(b)(2)(a) o Tabla 310-15(b)(2)(b),

Tabla 310-15(b)(2)(a).- Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C.

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
71-75	-	-	0.50
76-80	-	-	0.41
81-85	-	-	0.29



3) Factores de ajuste.

a) Más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable. Cuando el número de conductores portadores de corriente en una canalización o cable es mayor de tres, o cuando los conductores individuales o cables multiconductores se instalan sin conservar su separación en una longitud continua mayor de 60 centímetros y no están instalados en canalizaciones, la ampacidad permisible de cada conductor se debe reducir como se ilustra en la Tabla 310-15(b)(3)(a). Cada conductor portador de corriente de un grupo de conductores en paralelo se debe contar como un conductor portador de corriente.

Tabla 310-15(b)(3)(a).- Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable

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

¹Es el número total de conductores en la canalización o cable ajustado de acuerdo con 310-15(b)(5) y (6).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UN DATA CENTER

Tabla 310-15(b)(16).- Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C*.

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW- LS, 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 [™]	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	525	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1013	2000	555	665	750	470	560	630

* Véase 310-15(b)(2) para los factores de corrección de la ampacidad cuando la temperatura ambiente es diferente a 30 °C.

** Véase 240-4(d) para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor.



ARTÍCULO 342 TUBO CONDUIT METÁLICO SEMIPESADO TIPO IMC

A. Generalidades

342-1. Alcance. Este Artículo trata del uso, instalación y especificaciones de construcción para tubo conduit metálico semipesado (IMC) y accesorios asociados.

342-2. Definición. Tubo conduit metálico semipesado (IMC). Canalización de acero roscable, de sección transversal circular diseñada para la protección física y el direccionamiento de los conductores y cables, y para usarse como conductor de puesta a tierra del equipo cuando se instala con sus acoplamientos integrales o asociados y los accesorios adecuados.

B. Instalación

342-10. Usos permitidos

a) Todas las condiciones atmosféricas y lugares. Se permitirá el uso del tubo conduit metálico semipesado (IMC) en todas las condiciones atmosféricas y en todos los lugares.

ARTÍCULO 392. CHAROLAS PORTACABLES.

A. Generalidades

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).- Área 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	Área 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)	Columna 2 ^a Aplicable sólo por 392-22(a)(1)(c)	Columna 3 Aplicable sólo por 392-22(a)(3)(b)	Columna 4 ^a Aplicable sólo por 392-22(a)(3)(c)
	mm ²	mm ²	mm ²	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)

^a Se deben calcular las áreas de ocupación máxima permisible de las columnas 2 y 4. Por ejemplo, la ocupación máxima permisible, en milímetros cuadrados, para una charola portacables de 15 centímetros de ancho en la columna 2, debe ser 4500 menos (30 multiplicado por Sd).

^b El término Sd de las columnas 2 y 4 es la suma de los diámetros, en milímetros, de todos los cables multiconductores de 107 mm² (4/0AWG) y más grandes instalados en la misma charola con cables más pequeños.

ARTÍCULO 430. MOTORES, CIRCUITOS DE MOTORES Y CONTROLADORES.

A. Generalidades

430-1. Alcance. Este Artículo trata sobre los motores, los conductores de los alimentadores y circuitos derivados de los motores y de su protección, sobre la protección contra sobrecargas de los motores, sobre los circuitos de control de los motores, de los controladores de los motores y de los centros de control de motores.



NOTA 1: Los requisitos de instalación de los centros de control de motores se tratan en 110-26(e). Los equipos de refrigeración y de aire acondicionado se tratan en el Artículo 440.

430-6. Determinación de la ampacidad y del valor nominal de los motores. El tamaño de los conductores que alimentan los equipos de los que trata el Artículo 430 se debe seleccionar de las Tablas de ampacidad permisible de acuerdo con 310-15(b) o se debe calcular de acuerdo con 310-15(c). Cuando se use cordón flexible, el tamaño del conductor se debe seleccionar de acuerdo con 400-5. La capacidad de conducción de corriente de los circuitos y la corriente nominal de los motores, se deben determinar cómo se especifica a continuación.

a) Motores para aplicaciones generales. En motores para aplicaciones generales, los valores nominales de corriente se deben determinar con base en (1) y (2) siguientes.

1) Valores de las Tablas.

2) Valores de la placa de características. La protección independiente contra sobrecargas de un motor se debe basar en el valor nominal de corriente de la placa de características del motor.

B. Conductores para circuitos de motores

430-21. Generalidades. En la Parte B se especifica la ampacidad de los conductores capaces de conducir la corriente del motor sin sobrecalentarse en las condiciones especificadas. Las disposiciones de la Parte B no se deben aplicar a circuitos de motores de más de 600 volts nominales. Las disposiciones de los Artículos 250, 300 y 310 no se deben aplicar a los conductores que formen parte integral de equipos, tales como motores, controladores de motores, centros de control de motores u otros equipos de control ensamblados en fábrica.

430-22. Un solo motor. Los conductores que alimenten un solo motor usado en una aplicación de servicio continuo, deben tener ampacidad no menor al 125 por ciento del valor



nominal de corriente de plena carga del motor, como se determina en 430-6(a)(1), o no menos a la especificada a continuación.

430-24. Varios motores y otras cargas. Los conductores que alimentan varios motores o motores y otras cargas deben tener una ampacidad no menor a la suma de cada uno de los siguientes:

- (1) 125 por ciento de la corriente nominal de plena carga del motor con el valor nominal más alto, tal como se determina en 430-6(a).
- (2) La suma de las corrientes nominales de plena carga de todos los otros motores del grupo, tal como se determina en 430-6(a).
- (3) 100 por ciento de las cargas no continuas que no son motores.
- (4) 125 por ciento de las cargas continuas que no son motores.

430-32. Motores de servicio continuo.

a) De más de 746 watts (1 hp). Todos los motores de servicio continuo de más de 746 watts (1 hp nominal) deben estar protegidos contra sobrecargas por uno de los medios indicados en (1) hasta (4) siguientes:

1) Dispositivo separado de protección contra sobrecarga. Un dispositivo separado de protección contra sobrecarga que sea sensible a la corriente del motor. Este dispositivo se debe seleccionar para que se dispare o debe tener valor nominal no mayor al siguiente porcentaje del valor nominal de corriente de plena carga, de la placa de características del motor:

I. Medios de desconexión

430-110. Capacidad nominal de corriente y capacidad de interrupción.

a) Generalidades. El medio de desconexión para los circuitos de motores de 600 volts nominales o menos debe tener un valor nominal de corriente que sea como mínimo el 115 por ciento del valor nominal de corriente de plena carga del motor.



c) Para cargas combinadas. Cuando se usen juntos dos o más motores o cuando uno o más motores se usen en combinación con otras cargas, tales como calefactores de resistencia, y la carga combinada pueda estar simultáneamente sobre un solo medio de desconexión, el valor nominal de corriente y de potencia nominal en caballos de fuerza de la carga combinada se debe calcular como sigue:

1) Valor nominal en caballos de fuerza. El valor nominal del medio de desconexión se debe calcular sumando todas las corrientes, incluidas las cargas resistivas, en la condición de plena carga y también en la condición de rotor bloqueado. Para los propósitos de este requisito, la corriente combinada a plena carga y la corriente combinada con rotor bloqueado así obtenida, se deben considerar como un solo motor de acuerdo con lo siguiente:

2) Valor nominal en amperes. El valor nominal en amperes del medio de desconexión no debe ser menor al 115 por ciento de la suma de todas las corrientes de la condición de plena carga determinada de acuerdo con 430-110(c)(1).

ARTÍCULO 440. EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO Y DE REFRIGERACIÓN.

A. Generalidades

440-1. Alcance. Las disposiciones de este artículo se aplican a los equipos de aire acondicionado y de refrigeración accionados por motor y a los circuitos derivados y controladores de dichos equipos. En este Artículo se establecen las consideraciones especiales necesarias para los circuitos de alimentación de motocompresores herméticos de refrigeración y de todos los equipos de aire acondicionado o refrigeración alimentados desde un circuito derivado que alimenta un motocompresor hermético de refrigeración.

440-6. Ampacidad y valor nominal. El tamaño de los conductores de los equipos a los que se refiere este Artículo, se debe seleccionar de las Tablas 310-15(b)(16) a 310-



15(b)(19), o calcular según 310-15, según corresponda. La ampacidad exigida para los conductores y el valor nominal de los equipos se debe determinar de acuerdo con 440-6(a) y 440-6(b).

a) Motocompresor hermético de refrigeración. Para un motocompresor hermético de refrigeración, la corriente de carga nominal que aparezca en la placa de características del equipo en el que esté instalado el motocompresor, se debe usar para determinar la ampacidad nominal o de corriente del medio de desconexión, de los conductores del circuito derivado, del controlador, del dispositivo de protección contra cortocircuito y fallas a tierra del circuito derivado y del dispositivo separado de protección contra sobrecarga del motor. Cuando no se indique la corriente de carga nominal en la placa de características del equipo, se debe usar la corriente de carga nominal marcada en la placa de características del motocompresor.

b) Equipos con varios motores. Para determinar la ampacidad o el valor nominal del medio de desconexión, de los conductores del circuito derivado, del controlador, del dispositivo de protección contra cortocircuito y fallas a tierra del circuito derivado y del dispositivo independiente de protección contra sobrecarga del motor, en los equipos con varios motores que utilicen un motor para ventilador o soplador del tipo de inducción de polos sombreados o de inducción de fase dividida con capacitores, se debe usar la corriente de plena carga de dicho motor indicada en la placa de datos del equipo en el que se utilice el motor del ventilador o del soplador, en lugar de la potencia nominal en kilowatts o (en caballos de fuerza. Este dato en la placa de características del equipo no debe ser menor a la corriente indicada en la placa de características del motor del ventilador o del soplador.

440-7. Motor de potencia nominal más grande. Al determinar la conformidad con este Artículo y con las secciones 430-24, 430-53(b) y (c) y 430-62(a), se debe considerar que el motor con el mayor valor nominal (el más grande) es el que tiene la mayor corriente de carga nominal. Cuando haya dos o más motores que tengan la misma y más alta corriente de carga nominal, sólo uno de ellos se debe considerar como el motor de más alto valor nominal de corriente (el más grande). Para motores distintos de los de motocompresores



herméticos de refrigeración y los de ventiladores o sopladores, a los que se refiere 440-6(b), la corriente de plena carga usada para determinar el motor del más alto valor nominal debe ser el valor equivalente y correspondiente a la potencia nominal del motor en caballos de fuerza, seleccionado de las Tablas 430-248, 430-249 ó 430-250.

B. Medios de desconexión

440-11. Generalidades. Las disposiciones de la Parte B especifican los medios de desconexión con capacidad para desconectar los equipos de aire acondicionado y refrigeración incluidos los motocompresores y controladores.

440-12. Capacidad nominal y capacidad de interrupción.

a) Motocompresor hermético de refrigeración. Un medio de desconexión para un motocompresor hermético de refrigeración se debe seleccionar con base en la corriente de carga nominal o en la corriente de selección del circuito derivado, que aparezcan en la placa de datos, la que sea mayor, y en la corriente a rotor bloqueado, respectivamente, del motocompresor, de acuerdo con lo siguiente:

1) Valor nominal en amperes. El valor nominal en amperes debe ser como mínimo el 115 por ciento de la corriente de carga nominal o de la corriente de selección del circuito derivado, tomadas de la placa de características, la que sea mayor.

D. Conductores del circuito derivado

440-31. Generalidades. Las disposiciones de la Parte D y del Artículo 310 especifican la capacidad de los conductores, necesaria para conducir la corriente del motor sin sobrecalentamiento bajo las condiciones especificadas, excepto lo modificado por 440-6(a), Excepción 1. Las disposiciones de estos Artículos no se deben aplicar a los conductores integrales de los motores, controladores de motores y similares, ni a los conductores que formen parte integral de un equipo aprobado.



440-32. Un solo motocompresor. Los conductores de los circuitos derivados que alimentan un solo motocompresor deben tener una ampacidad no menor al 125 por ciento de la corriente de carga nominal del motocompresor o de la corriente de selección del circuito derivado, de estos dos valores el que sea mayor.

440-33. Motocompresor con o sin cargas adicionales de motores. Los conductores que alimenten uno o más motocompresores con o sin carga adicional, deben tener una ampacidad no menor a la suma de los valores de carga nominal o del valor de corriente nominales de selección del circuito derivado, de estos valores el que sea mayor, de todos los motocompresores, más las corrientes de plena carga de los demás motores, más el 25 por ciento de la capacidad nominal del motor o motocompresor más grande en el grupo.

ARTÍCULO 450. TRANSFORMADORES Y BÓVEDAS PARA TRANSFORMADORES (INCLUIDOS LOS ENLACES DEL SECUNDARIO).

450-1. Alcance. Este Artículo trata sobre la instalación de todos los transformadores.

A. Generalidades

450-3. Protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente de los transformadores debe cumplir (a), (b) o (c) siguientes. Tal como se usa en esta sección, la palabra transformador significará un transformador o un banco polifásico de dos o más transformadores monofásicos que funcionan como una unidad.

b) Transformadores de 600 volts nominales o menos. La protección contra sobrecorriente se debe suministrar de acuerdo con la Tabla 450-3(b).



Tabla 450-3(b).- Valor nominal o ajuste máximo de la protección contra sobrecorriente para los transformadores de 600 volts y menos (como un porcentaje nominal de la corriente nominal del transformador).

Método de protección	Protección del primario			Protección del secundario	
	Corrientes de 9 amperes o más	Corrientes de menos de 9 amperes	Corrientes de menos de 2 amperes	Corrientes de 9 amperes o más	Corrientes de menos de 9 amperes
Protección del primario solamente	125 % (véase nota 1)	167%	300%	No se requiere	No se requiere
Protección del primario y secundario	250 % (véase nota 3)	250 % (véase nota 3)	250 % (véase nota 3)	125 % (véase nota 1)	167 %

1. Cuando el 125 por ciento de la corriente no corresponde a un valor estándar de un fusible o interruptor automático no ajustable, se permitirá elegir el valor nominal estándar inmediatamente superior.

CAPÍTULO 10. TABLAS.

Tabla 1.- Porcentaje de la sección transversal en tubo conduit y en tubería para los conductores.

Número de conductores	Todos los tipos de conductores
1	53
2	31
Más de 2	40



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

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

Tabla 5.- Dimensiones de los conductores aislados y cables para artefactos.

Tipo	Tamaño		Diámetro aproximado	Area aproximada
	mm ²	AWG o kcmil	mm	mm ²
Tipo: FFH-2, RFH-1, RFH-2, RHH*, RHW*, RHW-2*, RHH, RHW, RHW-2, SF-1, SF-2, SFF-1, SFF-2, TF, TFF, THHW, THW, THW-2, TW, XF, XFF				
TW, THHW, THW, THW-2	3.31	12	3.861	11.68
	5.26	10	4.470	55.68
	6.63	8	5.994	28.19



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA



INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UN DATA CENTER

Tipo	Tamaño		Diámetro aproximado	Area aproximada
	mm ²	AWG o kcmil	mm	mm ²
Tipo: RHH*, RHW*, RHW-2*, THHN, THHW, THW, RHH, RHW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN2, XF, XFF				
TW, THW, THHW, THW-2, RHH*, RHW*, RHW-2*	8.37	6	7.722	46.84
	21.2	4	8.941	62.77
	26.7	3	9.652	73.16
	33.6	2	10.46	86.00
	42.4	1	12.50	122.60
	53.5	1/0	13.51	143.40
	67.4	2/0	14.68	169.30
	85.0	3/0	16.00	201.10
	107	4/0	17.48	239.90
	127	250	19.43	296.50
	152	300	20.83	340.70
	177	350	22.12	384.40
	203	400	23.32	427.00
	253	500	25.48	509.70
	304	600	28.27	627.7
	355	700	30.07	710.3
	380	750	30.94	751.7
	405	800	31.75	791.7
	456	900	33.38	874.9
	507	1000	34.85	953.8
	633	1250	39.09	1200
	760	1500	42.21	1400
	887	1750	45.1	1598
	1013	2000	47.80	1795



GLOSARIO

A.A. Aire acondicionado

BTU: British Thermal Unit, por sus siglas en inglés, es una unidad británica de energía calórica que aunque se ha ido sustituyendo por el joule, aun se sigue utilizando.

By pass: característica de un sistema que implica tener una ruta o una derivación alterna; en un UPS, se refiere a la derivación con la cual alimenta a la carga, sin que la energía sea procesada por el UPS.

Derrateo. Se refiere aquella degradación que sufre el aislamiento afectado por la altitud geográfica, medida en metros sobre el nivel del mar.

Disponibilidad: En un data center se refiere especialmente al lapso de tiempo, medido en porcentaje en el cual un centro de datos puede operar, aun en una contingencia. Generalmente medido en nueves:

Nivel de disponibilidad	Porcentaje	Interrupción por año
Seis nueves	99.9999	32 segundos
Cinco nueves	99.999	5 min. 15 seg
Cuatro nueves	99.99	52 min, 36 seg
Tres nueves	99.9	8 hrs. 42 min
Dos nueves	99	3 días, 15 hrs. 40 min

ICREA: International Computer Room Expert Association por sus siglas en inglés.

ICREA Std 131-2013: Norma internacional para la construcción e instalación de equipamiento de ambientes para equipos de manejo de tecnologías de la información y similares. Año 2013



IEC: International Electrotechnical Commission, por sus siglas en inglés. Es un organismo con voz y voto para la emisión de normatividades en cuestión eléctrica y electrónica. **HVAC:** Heating, ventilating, and air conditioning por sus siglas en inglés, se refiere al acondicionamiento del lugar, creando las condiciones óptimas del espacio en cuestión de temperatura, ventilación y aire acondicionado

IEEE: The Institute of Electrical and Electronics Engineers por sus siglas en inglés.

NEMA: National Electrical Manufacturer's Association por sus siglas en inglés, es una organización encargada de emitir estándares que impulsen a mejorar la calidad de las instalaciones eléctricas.

PDU: Power Distribution Unit por sus siglas en inglés, es una unidad de distribución de energía destinados a la gestión y suministro de energía y la funcionalidad de los equipos en un data center.

Redundancia: Se refiere al grado de elementos de un sistema, los cuales están duplicados o repetidos, con la finalidad de que estos se encuentren estado de reposo en condiciones normales y entran en operación cuando existe una falla o contingencia que deja fuera un elemento de operación normal.

SCC: Swich control cabinet, por sus sigla en inglés; es un Swich estático el cual administra 2 o más UPS, permitiendo la rápida trasferencia de la señal de salida del equipo

Site. Concepto asignado al lugar donde residen los equipo destinados a la administración de las tecnologías de la información, generalmente de menor tamaño que una sala de servidores o un data center.

TI: Tecnologías de la información

TIA: Telecommunication Industry Association.

TIA 924. Estándar para infraestructura de telecomunicaciones para un data center.



TIER: Concepto de TIA, establecido en el estándar 942, asignado al grado de redundancia que puede tener un Data Center; existen 4 niveles, a mayor numero, mayor grado de redundancia.

TR: toneladas de refrigeración

Unidad manejadora de aire: es una máquina que no tiene la cualidad de producir calor ni frio, sino que se encarga principalmente del intercambio de calor a través de agua o refrigerante enviado por otra máquina.

Unidad condensadora: Es una máquina cuya finalidad es el enfriamiento del refrigerante o agua con mayor temperatura que es expulsado del área a acondicionar.

UPS: Uninterruptible Power Supply por sus siglas en inglés, es un sistema de alimentación ininterrumpida, cuya finalidad es proveer de energía eléctrica a una carga durante una falla eléctrica o contingencia.



CONCLUSIONES

Hoy en día los sectores públicos y privados, en los que encontramos gobiernos, financieros, bancas, seguros, comunicaciones, energía, salud, educación, militar, etc, tienen la necesidad de implementar sistemas que brinden una alta confiabilidad debido a los procesos e información que resguardan. Uno de los sistemas más importantes es el Data Center o Centro de Datos, ya que los clientes necesitan proteger sus datos y la manera en que se garantizan que la información es tratada y manejada por medio de sistemas debe ser suficientemente confiable para asegurar que no habrá pérdidas de información ni financieras.

El Data Center, representa la mejor opción para el alojamiento de los equipos de comunicaciones, almacenamiento de datos y tecnologías de la información. Un aspecto de gran importancia en el Data Center es su instalación eléctrica.

Cualquier tipo de falla en la instalación eléctrica del Data Center, por mínima que esta sea, representaría costos incalculables para cualquier sector, ya que la falta del servicio impacta en la economía de la empresa y su prestigio; asimismo en una incorrecta instalación, puede poner en riesgo los bienes materiales, o inclusive, el de las vidas humanas, en el caso del sector salud.

La mayoría de los equipos de procesamiento de datos o resguardo de información, no operan como los equipos de nuestra vida cotidiana como el televisor o el microondas, ello debido al tipo de procesos que manejan, cualquier interrupción en el suministro eléctrico que implique milisegundos, el equipo instalado en el Data Center perderá su configuración y al restablecer la energía, este equipo deberá ser configurado nuevamente. La puesta en marcha y configuración de algunos equipos de acuerdo a las experiencias, toman tiempos contados incluso en días, en este intervalo, el sector salud, gobierno, militar, telecomunicaciones, etc, perderá el



servicio, operación, procesos, respaldos y toda la infraestructura en general que dependa de estos equipos poniendo en riesgo la estabilidad de la empresa.

Los centros de datos cuentan con niveles de certificaciones de acuerdo al nivel de confiabilidad, tal es el caso del TIER (nivel de confiabilidad que se le da a un centro de datos con base a su disponibilidad) y del ICREA (estándar que delimita el grado de confiabilidad que tiene el centro de datos de acuerdo a una clasificación en niveles). Estos niveles de certificación también son proporcionados a la instalación eléctrica del Data Center.

ICREA y Uptime revisan que sus estándares se cumplan para poder certificar a los centros de datos, el hecho de obtener una certificación asegura una confiabilidad, pero sobre todo, un prestigio dentro del mercado a nivel mundial siendo un gran diferenciador entre los Data Center, tanto en la confiabilidad y en la seguridad que brinda a sus clientes. Esta es la razón por la cual, día con día, más empresas a nivel mundial están interesadas en obtener este tipo de certificaciones para sus Data Center.

En general, la filosofía que predomina en las certificaciones de los Data Center es la redundancia tanto en instalación como en equipamiento sin importar los costos que esto impliquen. Los costos que implican la implantación de un sistema redundante iniciando por la acometida y pasando por grupos electrógenos, transformadores, UPS, bancos de baterías, sistema de aire, etc, se incrementan en función al nivel de certificación que se desea obtener debido a que, la redundancia que exige cada nivel, está relacionado con la cantidad de equipos necesarios para la operación del Data Center más los equipos de respaldo; ello implica incrementar los costos por compra de equipamiento así como su instalación a todos los niveles.

Es necesario indicar que a mayor nivel de certificación para un Data Center, mayor es el costo de inversión que se tendrá que realizar; en cada uno de los sistemas que propone ICREA o UPTIME se visualiza que los costos de implementación van



de la mano con el nivel de redundancia que exige cada nivel. De acuerdo al análisis de varios expertos el nivel más conveniente desde el punto de vista costo-beneficio es el TIER III o ICREA IV, ya que ofrece un nivel de confiabilidad aceptable a un costo no tan considerable como el TIER IV o ICREA V, esta es la razón por la cual a nivel mundial es el nivel de certificación que prevalece.

Tanto ICREA como Uptime certifican los centros de datos dentro de las tres etapas de un centro de datos; proyecto, construcción y operación por lo que es importante mencionar que además de contar con un proyecto y una obra certificada se debe contar con una importante infraestructura de control, gestión, monitoreo y administración de cada uno de los sistemas que componen el centro de datos. En el caso específico del sistema eléctrico es importante contar con el personal altamente capacitado, con un stock de refacciones, programas de mantenimiento, protocolos de actuación y todo lo necesario para asegurar que la confiabilidad se mantenga. Cabe señalar que el factor humano puede ser el causante de la mayoría de las fallas dentro de un sistema eléctrico, mecánico o comunicaciones, por tal razón es de suma importancia que solo personal altamente calificado sea el responsable del manejo de equipos, contando con una planeación para cada actividad.

Es importante mencionar que a pesar de que el sistema eléctrico es uno de los sistemas más importantes que forman un centro de datos, para lograr un nivel importante de confiabilidad con certificación o no, es indispensable poner el mismo énfasis en los sistemas restantes los cuales son: sistema mecánico, sistema arquitectónico, sistema de comunicaciones, sistema de seguridad y sistema de gobernabilidad. Recordando que la cadena se rompe por el eslabón más débil, es fácil deducir que cada uno de los sistemas debe cumplir con múltiples requisitos para conseguir un nivel de certificación.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UN DATA CENTER



Este trabajo plantea un procedimiento para el dimensionamiento de un sistema eléctrico en un Data Center; dimensionamiento de áreas, equipos, e instalación, desde el punto de vista normativo, el diseño fue apegado a la normativa vigente local, en nuestro caso la NOM-001-SEDE 2012, contemplando diversos requerimientos adicionales indicados por las certificaciones para los Data Center.



BIBLIOGRAFÍA

- <http://medios-tx.wikispaces.com/Diafonia>
- LÓPEZ MONROY, Guillermo. Sistemas de tierra. Ediciones UNAM.
- HERRERA Enrique. *Tecnología y redes de transmisión de datos*. Primera edición. México. Editorial Limusa. 2003.
- GIL Pablo; Pomares Jorge; Candelas Francisco. *Redes y transmisión de datos*. España. Publicaciones de la universidad de alicante. 2010.
- PORTOLANI, Mauricio; Arregoces, Mauricio. Fundamentos del data center. Primera edición. Estados unidos de América. Publicado por Cisco Press. 2003.
- SEARS, f., Zemansky,, Young, H. y Freedman R. *Física Universitaria*. 11a edición. Pearson Addison Wesley. México. 2004.
- TOMASI, Wayne. *Sistema de comunicaciones electrónicas*. 4ta edición. México. Pearson educación de México S. A. de C. V. 2003.
- GRAINGER, John. J. *Análisis de sistemas de potencia*. McGraw Hill. México. 1996
- PACIO, German. *Data center hoy*. Alfaomega. México. 2014
- DIAZ, Pablo. *Prácticas para la puesta a tierra para los sistemas de eléctricos de distribución*. Mc Graw Hill. México. 2001
- GLOVER J., D y Sarma *Sistemas de Potencia, Análisis y Diseño* 3a. edición México.
- ENRIQUEZ Harper, Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas México. Limusa, 1990
- NOM-022-STPS-2008. Electricidad estática en los centros de trabajo.
- NOM-001-Sede 20012. Instalaciones Eléctricas (Utilización)
- ANSI/TIA-942-2005.
- ICREA-std-131-2013.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UN DATA CENTER



- <http://www.teksarlabs.com/21-novedades/articulos-de-interes/127-sistema-pasillo-frio-contenido.html>
- <https://revistadatacenter.wordpress.com/2014/01/18/por-que-es-recomendable-implementar-pasillos-frios-y-pasillos-calientes/>
- NMX-J-549-ANCE-2005
- <http://www.emersonnetworkpower.com/es-cala/pages/default.aspx>