



**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**  
**Ingeniería en Mantenimiento Industrial**

**ANTEPROYECTO DE GRADUACIÓN:**  
**Rediseño eléctrico *del sistema de potencia y emergencia del edificio la Colmena, San José, Costa Rica.***



**REALIZADO POR:**

Daniel Brenes Céspedes (201230350)

**COORDINADOR DE PRÁCTICA:**  
Ing. Greivin Barahona Guzmán

**I SEMESTRE, 2019**  
**Cartago, Costa Rica**



engineerscanada

Escuela Acreditada por el  
Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)

## **CARTA DE ENTENDIMIENTO**


Señores

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Biblioteca José Figueres Ferrer

Yo, Daniel Brenes Céspedes, carné 201230350, autorizo a la Biblioteca José Figueres del Instituto Tecnológico de Costa Rica disponer del Trabajo Final realizado por mi persona, con el título Rediseño eléctrico del sistema de potencia y emergencia del edificio la Colmena, San José, Costa Rica, para ser ubicado en el Repositorio institucional y Catálogo SIBITEC para ser accesado és de la red Internet.

Firma de estudiante

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Daniel Brenes Céspedes', is written over a light-colored rectangular background.

Cédula 207240825

## **Dedicatoria**

A mis padres que me enseñaron el valor del esfuerzo y la dedicación.

A Dios por darme el don de la vida y salud para cumplir mis sueños.

A mis maestros por enseñarme el arte de la educación.

A mi familia por enseñarme a nunca bajar los brazos.

A mi compañera de aventuras por estar a mi lado.

A mis amigos por siempre tener una distracción.

A mis hermanos que me sirvieron de ejemplo.

## **Agradecimientos**

Primeramente, agradecer a todo el personal del Tecnológico de Costa Rica por abrirme las puertas de la mejor institución del país y formarme en muchos ámbitos de mi vida.

Agradezco a la empresa KAI Construcciones, S.A., por permitirme desarrollar mi proyecto de graduación y creer en mí para iniciarme como profesional en ingeniería.

Agradezco a los profesores de la escuela de Ingeniería Electromecánica porque de todos ellos me llevo algo nuevo.

Y finalmente agradezco a Dios, por darme la gracia de despertar todos los días.

# Índice General

## Contenido

Capítulo I .....	13
1.1. Datos personales .....	14
1.2. Carta de aceptación .....	15
1.3. Introducción .....	16
1.4. Reseña de la Empresa American Franchise Solutions .....	17
1.5. Reseña de la Empresa KAI Construcciones .....	17
1.5.1. Misión .....	18
1.5.2. Visión .....	18
1.6. Descripción del proceso productivo .....	18
1.7. Planteamiento del problema .....	19
1.8. Objetivo general .....	20
1.9. Objetivos específicos .....	20
1.10. Justificación del proyecto .....	21
1.11. Viabilidad .....	23
1.12. Metodología por seguir .....	24
1.13. Alcance .....	25
1.14. Limitaciones .....	26
Capítulo II .....	28
2.1. Marco teórico .....	29
2.2. Componentes principales de una Instalación eléctrica .....	30
2.2.1. Conductores de servicios o acometidas .....	30

2.2.2.	Equipo de servicio.....	31
2.2.3.	Equipo de medición.....	31
2.2.4.	Tablero principal .....	31
2.2.5.	Tablero de distribución.....	31
2.2.6.	Alimentador.....	31
2.2.7.	Circuito de derivación.....	31
2.2.8.	Tomacorrientes .....	32
2.2.9.	Contacto.....	32
2.2.10.	Equipo de utilización .....	32
2.3.	Sistemas de distribución de Bajo Voltaje (BV).....	32
2.3.1.	Sistema monofásico 2 conductores 120 V .....	32
2.3.2.	Sistema monofásico, 3 conductores, 240/120 V. ....	32
2.3.3.	Sistema trifásico, 4 conductores, 208/120 V .....	33
2.3.4.	Sistema trifásico, 3 conductores, menos de 600 V. ....	34
2.3.5.	Sistema trifásico, 4 conductores, 480/277 V .....	35
2.4.	Iluminación INTE-ISO 8995-1 .....	35
2.5.	Uptime Institute y el ANSI/TIA-942 .....	40
2.6.	Diseño eléctrico .....	45
2.6.1.	El NEC .....	45
2.6.2.	Artículos NEC de interés.....	49
2.7.	Método de los kva equivalentes para estudio de cortocircuito.....	58
	Capítulo III.....	66
3.1.	Diseño eléctrico estado actual.....	67
3.2.	Diseño del sistema de iluminación .....	70

3.3.	Resumen total de cargas del sistema propuesto .....	81
3.3.1.	La carga total del sistema normal .....	81
3.3.2.	Total de cargas críticas .....	81
3.3.3.	Carga total del sistema de aires acondicionados .....	82
3.3.4.	Carga total del sistema de áreas comunes .....	82
3.3.5.	Resumen de cargas del edificio .....	83
3.3.6.	Equipos a instalar.....	85
3.3.7.	Interruptor principal .....	85
3.3.8.	El módulo de medidores .....	85
3.3.9.	Transferencias automáticas .....	86
3.3.10.	Generador .....	86
3.3.11.	Tablero principal de emergencia .....	87
3.3.12.	Tableros de distribución .....	87
3.3.13.	Calibre de acometidas .....	88
3.3.14.	Diseño de cortocircuito.....	89
3.3.15.	Sistemas de emergencia.....	95
3.3.16.	Sistema de potencia ininterrumpida .....	95
3.3.17.	Red de supresión de transientes .....	99
3.3.18.	Sistemas de pararrayos .....	106
3.3.19.	Tierras.....	110
3.3.20.	Recomendaciones finales para el buen mantenimiento de la instalación eléctrica.....	111
	Capitulo IV.....	114
5.1.	Conclusiones .....	115
5.2.	Recomendaciones .....	116

Referencias Bibliográficas .....	117
Capítulo V. Anexos.....	120



## Índice de Tablas

Tabla 1. Listado de áreas interiores, tareas o actividades con especificación de la iluminancia, la limitación del deslumbramiento y la calidad del color .....	39
Tabla 2. Clasificación para rendimiento de infraestructura en horas anuales. ....	42
<i>Tabla 3.</i> Factores de demanda de cargas de alumbrado "Tabla 220.42" .....	53
Tabla 4. Resumen de cargas del sistema original.....	68
Tabla 5. Resumen total de cargas del sistema propuesto.....	84
<i>Tabla 6.</i> Resumen de calibres. Reactancias, distancias, cargas de tableros, cables y sumas de elementos en serie.....	89
Tabla 7. Determinación de capacidad mínima del supresor en (KA).....	103
Tabla 8. Tipo actividad .....	103
Tabla 9. Localización.....	104
Tabla 10. Distancia a fuentes de generación eléctrica .....	104
Tabla 11. Cercanía a otras cargas significativas como industrias y subestaciones. ....	104
Tabla 12. Clasificación por nivel de exposición .....	105
<i>Tabla 13.</i> Determinación final de TVSS considerando capacidad mínima en KA y reajuste por nivel de exposición. ....	105

## Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de flujo de metodología de proyecto.....	24
Figura 2. Diagrama de bloques del sistema eléctrico en un establecimiento industrial o comercial.....	30
Figura 3. Sistema de distribución monofásico de 240 V/120 V .....	33
Figura 4. Sistema de distribución trifásico de 4 conductores, 208 V/120 V.....	34
Figura 5. Sistema de distribución trifásico de 3 conductores, 600 V .....	34
Figura 6. Unifilar eléctrico del sistema actual. ....	70
Figura 7. Planta de áreas de estacionamiento. ....	72
Figura 8. Vistas generales de estacionamiento1.....	73
Figura 9. Vistas generales de estacionamiento 2.....	73
Figura 10. Valores de iluminancia en lx de áreas de estacionamiento.....	74
Figura 11. Luminarias seleccionadas para áreas de estacionamiento.....	74
Figura 12. Planta de áreas de pisos 1-2-3- 4-5-6.....	76
Figura 13. Vistas generales 1 de pisos 1-2-3- 4-5-6.¡Error! Marcador no definido.	
Figura 14. Vistas generales 2 de pisos 1-2-3- 4-5-6.....	76
Figura 15 Distribución de luminarias de pisos 1-2-3- 4-5-6. ....	77
Figura 16. Valores de iluminancia 1 en lx de pisos 1-2-3- 4-5-6.....	78
Figura 17. Distribución de luminarias de pisos 1-2-3- 4-5-6.....	79
Figura 18. Valores de iluminancia 2 en lx de pisos 1-2-3- 4-5-6.....	79

Figura 19. Luminarias seleccionadas para pisos 1-2-3- 4-5-6.....	80
Figura 20. Diagrama unifilar de procesamiento para estudio de corto circuito.....	91
Figura 21. Diagrama tablero, cable y configuración en serie. ....	92
Figura 22. .Diagrama alimentación CNFL, transformador y sumatoria en paralelo de tableros eléctricos. ....	93

## **Abreviaturas y símbolos**

A/C (Aire Acondicionado)

ANSI (American National Standards Institute)

CNFL. (Comisión nacional de Fuerza y Luz)

EPO (Emergency power off system)

IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)

ISO(International Organization for Standardization)

kVA (kilovolt-ampere)

NEC (National Electric Code)

NEMA (National Electrical Manufacturers Association)

NFPA (National Fire Protection Association)

PAC Aire acondicionado de precisión

PDU (Power distribution unit)

TVSS (Supresor de picos o transitorios)

TIA (Telecommunications Industry Association)

Tier (Clasificación del I al IV en diseño, estructura, desempeño y fiabilidad de una Data Center)

UPS (uninterruptible power supply)

# Capítulo I

## 1.1.Datos personales

*Nombre completo: Daniel Alfonso Brenes Céspedes*

*Número de cédula: 207240825*

*Número de carné: 201230350*

*Edad: 24*

*Números de teléfono: (+506)-8722-1680*

*LinkedIn: [linkedin.com/in/daniel-brenescéspedes-a651b895](https://www.linkedin.com/in/daniel-brenescéspedes-a651b895)*

*Correos electrónicos: [danielbrenes14@gmail.com](mailto:danielbrenes14@gmail.com);*

*[dbrenes@kaiconstrucciones.com](mailto:dbrenes@kaiconstrucciones.com)*

*Dirección exacta de domicilio: 250 metros oeste del Bar España, Mercedes*

*Norte, Heredia, Costa Rica.*

## 1.2. Carta de aceptación



Heredia, 16 de octubre de 2018

Estimado,  
Ing. Greivin Barahona Guzmán

**Coordinador de práctica de Escuela de Ingeniería Electromecánica**

Mediante el presente acepto que el estudiante Daniel Brenes Céspedes, número de cédula: 207240825; Ejecute su proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en ingeniería en Mantenimiento Industrial en la empresa KAI Construcciones S.A desarrollando el proyecto: Rediseño eléctrico del sistema de potencia del edificio La Ponderosa. El mismo se desarrollará en la ciudad de San José, Costa Rica.

El proyecto propuesto por el estudiante Daniel Brenes, busca ser un proyecto competitivo en el mercado constructivo nacional y tiene como fin ampliar los negocios e inversiones con los que cuenta la constructora actualmente, así como afianzar en línea de negocio por la que se encamina KAI Construcciones a mediano plazo con el cliente en mención.

Atentamente,

Ing. Keivin Barker Francis



Céd: 1-0881-0997  
Correo: [kbarker@kaiconstrucciones.com](mailto:kbarker@kaiconstrucciones.com)  
Teléfono: (+506)-8397-7135

### **1.3. Introducción**

Se propone el rediseño de acuerdo con el Código Eléctrico Nacional y la normativa de la NFPA del sistema de Potencia del edificio la Colmena, **para** de proponer un diseño eléctrico estructurado con normativas nacionales e internacionales y capaz de lograr la aprobación por parte del Colegio Federado de Ingeniero y Arquitectos. Así mismo, se plantea la realización de los estudios cargas, los dimensionamientos de diferentes sistemas como: Potencia Ininterrumpida, iluminación, puesta a tierra, etc.

Dado el tipo de proyecto: llave en mano y los recursos económicos limitado del cliente deben dimensionarse los materiales, equipos y servicios necesarios acorde, por lo que se plantea realizar un presupuesto el cual respaldará la propuesta de sistema eléctrico del edificio, de igual forma se especificará la información técnica de los equipos y accesorios necesarios para la realización de la obra, los cuales respaldarán la instalación y brindarán soporte a la instalación para futuros mantenimientos programados que se le vayan a realizar.

A lo largo del proyecto se enfatizará en brindar una solución segura al usuario por el tipo de edificación y el personal que labora en el edificio, además se plantea un sistema tier III con (N+1) componentes redundantes, es decir, conectado a múltiples líneas de distribución eléctrica, pero únicamente una activa.

En respuesta al ahorro energético y siendo este un pilar de la constructora, se planteará el rediseño de iluminación buscando un sistema eficiente y capaz de cumplir con los requisitos mínimos de iluminación en ambientes de trabajo de este tipo, finalmente, teniendo en cuenta la limitante económica que plantea una propuesta competitiva y ambiciosa para el mercado nacional.



#### **1.4. Reseña de la Empresa American Franchise Solutions**

El edificio la Colmena o como también se le conoce International Franchise Solutions, es pionero en implementación del primer edificio integrado por empresas dedicadas al negocio de las apuestas electrónicas reales en Costa Rica, dicho edificio tiene como base el sistema eléctrico, el sistema de telecomunicaciones y el sistema de transmisión de datos para su funcionamiento. Dicho ofiCentro se encuentra en Sabana Sur y cuenta con 6 pisos y 2 sótanos, su área total es de 7 000 m<sup>2</sup>.

#### **1.5. Reseña de la Empresa KAI Construcciones**

La empresa KAI construcciones se encuentra ubicada en la Aurora de Heredia contiguo al parque los Abuelos. Es una empresa dedicada a la construcción de sistemas electromecánicos en el país, además cuenta con presencia y experiencia en países como lo son: Honduras, Guatemala, etc. Ostenta, actualmente, proyectos en armonía con el ambiente y buscando la más alta eficiencia energética, los cuales se trabajan bajo el concepto de llave en mano, además del completo desarrollo técnico que se realiza gracias a la amplia experiencia en el mercado.

Las áreas diversas con las que se cuenta la preferencia incluyen diversos sectores como lo son: Hospitales, Bancos, Data Center, Morgues, desarrollos urbanísticos e industria en general. Los servicios en que se ha enfocado la empresa tienen como objetivo el diseño, la construcción la puesta en marcha y la parte del mantenimiento preventivo y correctivo, además de la importante capacitación del personal.

KAI Construcciones brinda asesoría a empresas sobre el ahorro energético ya sea en equipos instalados o a través del equipamiento inicial, logrando instalaciones más eficientes

capaces de alcanzar los parámetros de desempeño exigidos, siempre con el menor consumo de energía eléctrica. El aseguramiento del éxito de los proyectos se asegura con técnicos e ingenieros siempre disponibles para acompañar a los clientes en la ejecución y dirección de los proyectos.

#### **1.5.1. Misión**

Ofrecer la mejor solución a los proyectos que nos son confiados por nuestros clientes, acompañada de un excelente servicio y de precios altamente competitivos de acuerdo con sus necesidades personales y/o profesionales garantizando así su satisfacción total.

#### **1.5.2. Visión**

Nuestra visión es crecer, brindando calidad, disposición y compromiso en nuestros servicios, mediante el desarrollo técnico y humano de nuestros colaboradores desde la atención a nuestros clientes.

### **1.6. Descripción del proceso productivo**

El desarrollo de proyectos electromecánicos se atiende de manera multifacética e integral en la compañía participando como diseñadores, directores, consultores, proveedores e instaladores, siendo el desarrollo de proyectos llave en mano el área en que la compañía posee más experiencia, este tipo de proyectos entrega al cliente la solución totalmente lista para su utilización.

Las principales líneas de negocio consisten en el diseño, ingeniería y dirección técnica, donde se brinda asesoría integral y el diseño de proyectos según la necesidad específica de cada cliente, además se brinda el suministro de equipos, partes y repuestos de las más

reconocidas marcas para la construcción de las instalaciones, incluyendo la recomendación y especificación de las tecnologías más apropiadas, el montaje de los equipos y todos los componentes asociados al proceso, además de las pruebas y la puesta en marcha.

### **1.7.Planteamiento del problema**

El rediseño de acuerdo con NFPA 70, NEC 2014 en su última versión en Español del sistema de Potencia del edificio la Colmena busca proponer un diseño eficiente energéticamente y acorde con el presupuesto destinado por el cliente. La instalación eléctrica propuesta debe garantizar la seguridad y el respaldo en todo momento de los equipos que se van a instalar, añadiendo además que por el tipo de negocio que se maneja los datos son la principal fuente de ingreso y se deben salvaguardar, esto debido a la gran cantidad de información y tráfico de datos con los que se cuenta.

El rápido auge de las empresas dedicadas a la toma de apuestas en línea y lo complicado del negocio ha hecho que los recintos que se alquilan para instalar las oficinas no hayan estado diseñados inicialmente para esta afinidad, ni cuenten con las protecciones eléctricas indispensables como las mallas a tierra, los sistemas de pararrayos o sistemas de potencia ininterrumpida.

Actualmente, el Uptime Institute ofrece una clasificación o topología a la industria de los centros de datos un método coherente para comparar las instalaciones en función del rendimiento o el tiempo de productividad esperado de la infraestructura del sitio. Los Tier fomentan soluciones de ingeniería innovadoras y son un estándar significativo en la industria para implementar diversas soluciones y tener flexibilidad para cumplir con los objetivos de desempeño.

Además, clasifica y estandariza los sistemas para garantizar y asegurar la redundancia de los sistemas eléctricos para centros de datos con una disponibilidad para el Tier III de 99.982%, con una interrupción al año de 1,6 horas y una redundancia de (N+1), lo cual significa que existen múltiples líneas de distribución eléctrica, pero únicamente una se encuentra activa.

Finalmente se busca presentar una solución detallada, y que cumpla con las necesidades del cliente, así como también se busca garantizar una edificación segura y capaz de salvaguardar la integridad del personal que labora en el edificio diariamente.

### **1.8.Objetivo general**

- Rediseñar el sistema eléctrico de potencia y de emergencia del edificio la Colmena en San José para que brinde potencia ininterrumpida a cargas críticas y cumpla con estipulado en ley de la república y el Código Eléctrico Nacional: NFPA 70, NEC 2014.

### **1.9.Objetivos específicos**

- Diseñar el sistema de iluminación de las áreas comunes del edificio International Franchise Solutions con el software DIALux en procura de ahorro energético en la factura eléctrica y mayor ergonomía laboral a todos los trabajadores.
  - Medidor de éxito: Se entregará un plano elaborado en el software DIALux que contenga los valores de iluminancia en Lux para las diferentes áreas del edificio.
- Rediseñar de acuerdo al código eléctrico nacional (NEC2014) y al análisis de cortocircuito, los circuitos alimentadores, subalimentadores y ramales

mediante un sistema eléctrico capaz de llevar las cargas del edificio la Colmena.

- Medidor de éxito: Se entregará el plano con el unifilar propuesto del re diseño eléctrico del edificio, cumpliendo con el NEC 2014.
- Diseñar un circuito eléctrico de cargas críticas para el edificio International Franchise Solutions, categoría Tier III, acorde a normas del Uptime Institute y el ANSI/TIA-942.
  - Medidor de éxito: Se entregará un unifilar eléctrico que contenga un sistema redundante (N+1).
- Dimensionar una adecuada red de supresión de transientes para los circuitos de bajo voltaje en corriente alterna acorde a normativa: IEEE C62.41.
  - Medidor de éxito: Lograr la selección adecuada de un supresor de transientes para tableros eléctricos.
- Diseñar los sistemas de: protección contra descargas atmosféricas y puesta a tierra del edificio International Franchise Solutions.
  - Medidor de éxito: Lograr la selección adecuada de un sistema de pararrayos y entregar un plano de puesta a tierra.

### **1.10. Justificación del proyecto**

Para la realización del proyecto se plantea el rediseño del sistema eléctrico de potencia del edificio de la Colmena, San José; dado que el edificio fue construido a mediados de los años 90 no cuenta con un sistema eléctrico que cumpla con lo estipulado en la normativa vigente en Costa Rica el NEC 2014 desde el año 2012, cuando se declaró ley de la república. Además,

el edificio no cuenta con los sistemas eléctricos que requieren las empresas de tomas de apuestas en línea, lo cual ha desencadenado un incremento de apuestas perdidas, a causa de la falta de suministro eléctrico. Se diseñará específicamente lo referido a: continuidad de suministro eléctrico, señales, datos, acometidas, centros de carga, circuitos de alumbrado, tomacorrientes, tomas de cargas y alimentación a todos aquellos equipos instalados o previos a instalar en la sucursal de Call Center.

International Franchise Solutions es una institución tipo Sportsbook líder en el país, dicha institución se desenvuelve en un negocio de riego porque el enriquecimiento patrimonial se basa en los datos que se manejan y se guardan, así es como el principal elemento a proteger son los datos de los clientes con los que cuenta la compañía. Por lo tanto, toma la seguridad y confiabilidad de sus edificaciones como un elemento esencial para la toma de decisiones y adaptación políticas administrativas a lo interno.

Este proyecto es de suma importancia para la compañía por la gran cantidad de dinero que puede perderse si los históricos de transferencias de dinero se pierde debido a una interrupción del suministro eléctrico. Pese a que este dinero no es cuantificable, porque no se sabe a ciencia cierta cuanto está dispuesto a apostar una persona, es bien sabido que las cifras de las apuestas alcanzan incluso los miles de dólares.

La no realización de un proyecto de esta índole además de dejar funcionando un sistema eléctrico que no cumple con la ley de la república, el código eléctrico y menos se adecua a las instalaciones de una casa de apuestas, abriría un espacio a los directivos para pensar en trasladar sus operaciones a otros continentes o incluso otros edificios en el país que cuenten con las condiciones ideales para trabajar. Además, las no atenciones del problema del edificio ponen en riesgo la integridad física de las personas que ahí laboran y la confortabilidad con que realizan el trabajo día con día.

### **1.11. Viabilidad**

El proyecto se realizará en la empresa KAI Construcciones, S.A. Costa Rica, de manera que se contará con la amplia capacidad y experiencia de los ingenieros y técnicos que ahí laboran en caso de requerir alguna consulta, además del acceso a planos arquitectónicos, detalles, información, instalaciones y demás relacionado al proyecto eléctrico para las instalaciones del Call Center: International Franchise Solutions.

Dado lo complejo de los diferentes estudios por realizar se necesitarán fuentes de información confiables y seguras de bases de datos suscritas a la universidad, en las mismas se encontrará gran cantidad de material de apoyo suministrado por los diferentes entes internacionales que marcan las pautas del diseño eléctrico: seguro, eficaz y estandarizado.

En el desarrollo del proyecto se aplicarán los conocimientos adquiridos en los diferentes cursos de Electricidad e Instalaciones Eléctricas impartidos en la escuela de Ingeniería Electromecánica del Tecnológico de Costa Rica. Además, se contará con la asesoría industrial por parte del ingeniero y gerente de la empresa, así como también con la de un profesor tutor de dicha escuela, ambos con su capacidad respaldarán la práctica profesional, por lo que el proyecto se considera totalmente viable para el período de 14 semanas propuesto en el cronograma adjunto adelante.

## 1.12. Metodología por seguir

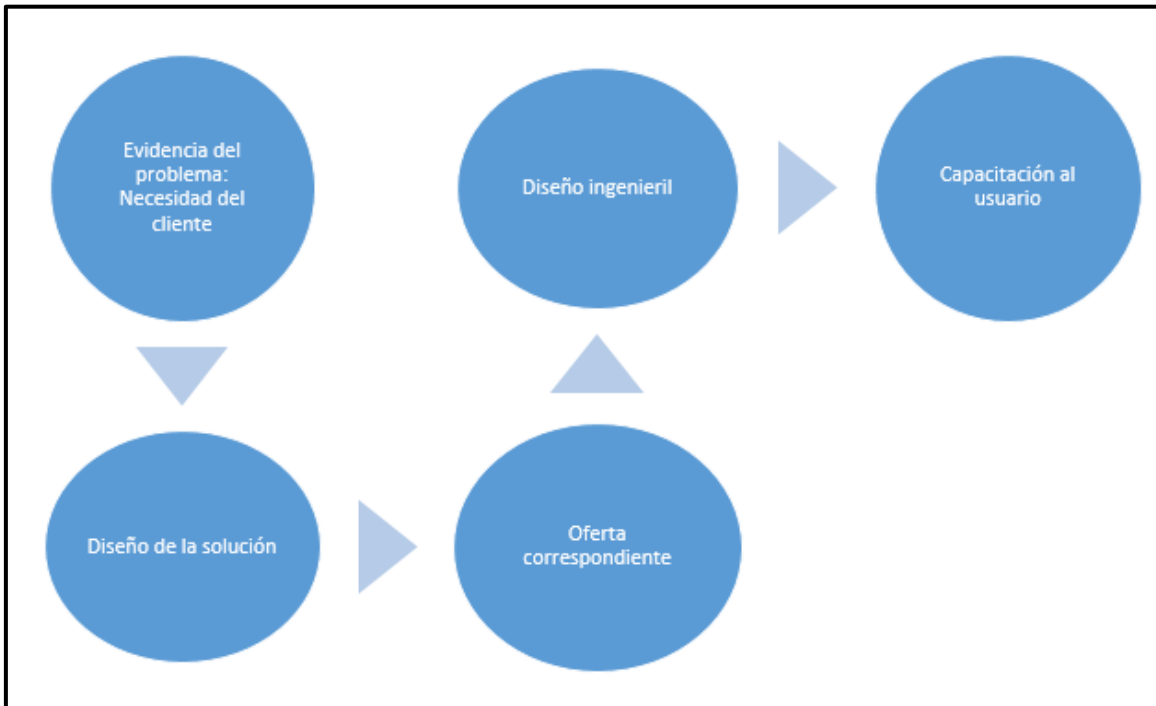


Figura 1. Diagrama de flujo de metodología de proyecto.

*Fuente: Elaboración propia (SmartArt)*

Esquematizar el tipo de proyecto llave en mano que a futuro se le presentará al cliente se adjunta el esquema que se manejará para el desarrollo de la solución planteada. Básicamente se debe coordinar una visita con el cliente para conocer su necesidad, definir realmente lo que se desea construir y cuales secciones del diseño eléctrico actual deben alterarse, seguidamente en el diseño de la solución se realizan actividades de selección y descarte de modelos planteados, así como el diseño de los planos eléctricos que plasmen el mejor diseño.

En esta etapa además se debe seleccionar el sistema de emergencia o potencia ininterrumpida que se necesitará y adecuará mejor a las necesidades de la infraestructura y las cargas que soportará. Se deben estudiar a fondo todas aquellas cargas críticas con el fin de determinar el sistema eléctrico necesario, posterior debe comenzarse el proceso de contacto y negociación con empresas proveedoras de equipos de: transmisión de datos,



iluminación, equipos UPS, supresores de transientes, protección contra descargas atmosféricas, sistemas de emergencia, entre otros:

Una vez que se ha contactado con los proveedores y analizado los por menores del proyecto, es posible realizar el rediseño eléctrico de potencia del edificio para presentarlo al cliente final y enviarlo a las instituciones encargadas de los trámites de permisos como: la Municipalidad y el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

El diseño del sistema eléctrico se basará en la legislación costarricense vigente, es decir el código eléctrico nacional, así como en las categorizaciones del Uptime Institute para sistemas de potencia ininterrumpida, la NFPA 70 E "Norma para la seguridad eléctrica de los empleados en lugares de trabajo", versiones de ANSI/EIA/TIA 568, 569, 570, 606, 607, reglamentos emitidos por el Colegio Federado de Ingenieros y arquitectos, INTE 31-07-01-2000 Seguridad, colores y aplicación, etc, Normativas IEEE\_141-1993, IEEE-STD80 y guía para diseño de instalaciones eléctricas comerciales e industriales de la marca: Square-D.

Una vez recibida la información de aprobación y visado de los planos y del proyecto en general se procede con la dirección y supervisión técnica, con la preparación de las instalaciones y, finalmente, cuando se han concluido las obras se realiza la puesta en marcha de los equipos y capacitación de los usuarios de la instalación.

### **1.13. Alcance**

El proyecto presentado se enfoca en el rediseño del sistema eléctrico de potencia del edificio la Colmena, el nivel óptimo del diseño, así como su trazabilidad y apego a normas internacionales considerando instituciones como la NFPA, IEEE, IEC como base de diseño, añadido al complejo análisis de cargas y el hecho de valorar un presupuesto, establecen un

escenario real de la ejecución de un proyecto de esta magnitud y hacen de este proyecto un pilar en el diseño eléctrico.

El proyecto contempla el diseño del alimentador principal, los circuitos ramales y los subalimentadores, además se plantea el diseño del sistema de puesta a tierra y pararrayos con el fin de que los equipos y personas que van a depender de esta instalación eléctrica sean capaces de soportar de manera precisa cualquier eventual falla a la que pueda estar expuesta la instalación eléctrica del edificio.

Una vez que se dé el visto bueno a los estudios del proyecto, se procederá con la entrega del diagrama unifilar eléctrico propuesto y planos donde se especificarán los lugares donde se instalarán las acometidas y se mostrarán las dimensiones de las mismas. Los diagramas contendrán la tabla resumen del proyecto, las debidas especificaciones de los cables, Calibres, potencia de circuito, amperajes, etc.

Los alcances del proyecto incluyen los materiales, equipos y servicios necesarios para suministrar, instalar, probar y garantizar la instalación completa de todos los sistemas eléctricos incluyendo: la alimentación de los centros de carga, los disyuntores termomagnéticos, las tuberías, el cableado, los accesorios, los sistemas de iluminación interior y exterior, los sistemas de aterrizamiento, las acometidas eléctricas, los sistemas de tomacorrientes, la alimentación de equipos especiales, motores, aires acondicionados, así como la instalación eléctrica del equipo sensitivo y la alimentación eléctrica de todo el edificio en general.

#### **1.14. Limitaciones**

Las limitaciones que se plantean para el proyecto son pocas y se basan en la complejidad del método de diseño eléctrico, así como en la obtención de la información de estos

internacionales debido a su necesidad de afiliación e idioma. A pesar de la gran cantidad de normativa existente en la parte eléctrica las especificaciones se basarán en la NFPA 70 2014 Código eléctrico nacional de Costa Rica, NFPA 70 E "Norma para la seguridad eléctrica de los empleados en lugares de trabajo", últimas versiones de ANSI/EIA/TIA 568,569, 570, 606, 607, otros códigos y reglamentos emitidos por el Colegio Federado de Ingenieros y arquitectos, INTE 31-07-01-2000- Seguridad, INTE/ISO 8995-1:2016, INTE T45:2014, colores y aplicación, etc. Además, se diseñará de la mano a las normativas IEEE\_141-1993, IEEE-STD80 y algunos de los materiales publicados sobre Instalaciones Eléctricas Comerciales por la marca Square-D, líderes mundiales en ventas de equipo eléctrico.

Eventualmente, podrían presentar a lo largo del desarrollo del proyecto algunas otras complicaciones, sin embargo, serán solventadas en la marcha del diseño del sistema eléctrico con la asistencia de los colaboradores de la empresa KAI Construcciones y su deseo de alcanzar grandes objetivos como empresa.

## Capítulo II

## **2.1. Marco teórico**

La Instalación eléctrica en edificios es el eslabón final entre el consumidor y la fuente original de la energía eléctrica. Todos los sistemas de distribución interna deben satisfacer ciertos requerimientos como lo son: la seguridad donde se incluye la protección contra choques eléctricos, protección contra daños físicos de conductores, protección de sobrecargas y contra ambientes hostiles; la máxima caída de voltaje permitida en los calibres de los alimentadores es de 3%, para los ramales es el 3% y finalmente para los alimentadores y ramales combinados no más del 5%, según el NEC 2014. La esperanza de vida de una instalación eléctrica debe rondar los 50 años y la economía debe reducir los costos de la instalación al mínimo siempre cumpliendo con las normas establecidas por el Código Eléctrico Nacional y la aprobación por un inspector antes de ser puesta en servicio.

## 2.2. Componentes principales de una Instalación eléctrica

Se utilizan muchos componentes en una instalación eléctrica, algunos de los principales componentes de un sistema eléctrico en un sistema industrial o comercial se muestra a continuación:

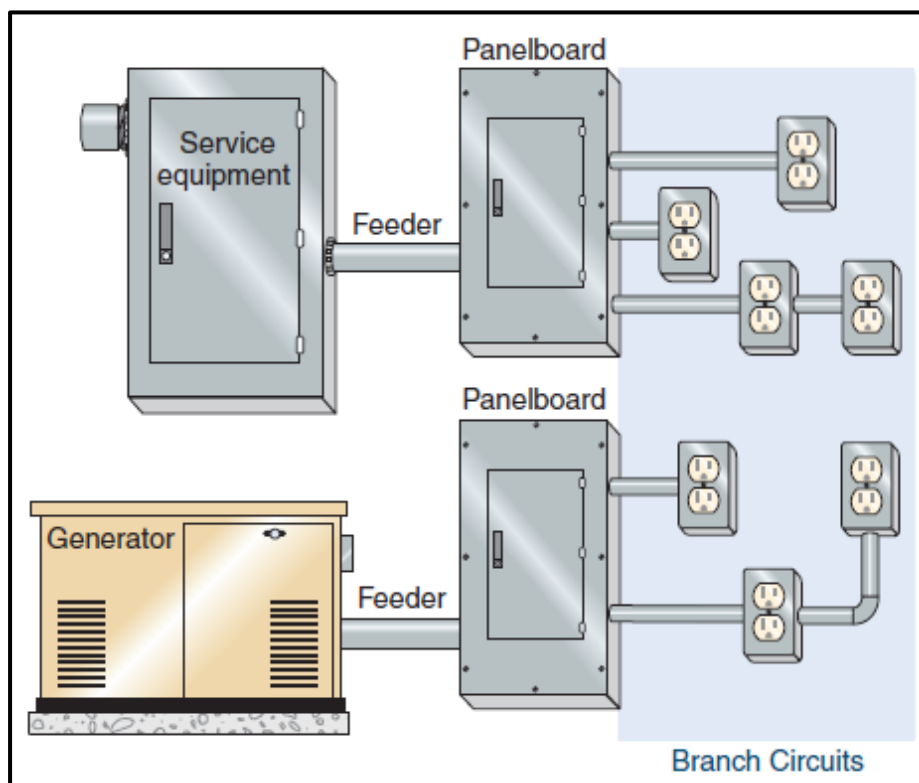


Figura 2. Diagrama de bloques del sistema eléctrico en un establecimiento industrial o comercial.

Fuente Handbook National Electric Code (2011)

### 2.2.1. Conductores de servicios o acometidas

Es la derivación de la red local de servicio eléctrico, que llega hasta el registro de corte del inmueble. Es decir, se extienden desde el alimentador principal en la calle o desde el transformador, hasta el equipo de servicio en la propiedad del consumidor.

### **2.2.2. Equipo de servicio**

Equipo compuesto casi siempre de un cortacircuito o un interruptor y fusibles, localizados cerca del punto de entrada en los conductores de servicio a un edificio o una estructura, estos están pensados para interrumpir el suministro y constituyen el control principal.

### **2.2.3. Equipo de medición**

Son varios medidores y registradores para indicar la energía eléctrica consumida en una propiedad.

### **2.2.4. Tablero principal**

Es el tablero o grupo de tableros diseñados para formar un solo tablero incluyendo barras colectoras, detectores de sobrecorriente automáticos y algunas veces circuitos de iluminación, calefacción o potencia. Diseñados para ser colocados en un gabinete o caja de cortacircuitos colocada en una pared o muro divisorio y accesible sólo desde la parte frontal.

### **2.2.5. Tablero de distribución**

Es un gran tablero único en el cual se montan interruptores, dispositivos contra sobrecorrientes y otros dispositivos de protección, barras colectoras y por lo general instrumentos, además no están diseñados para instalarse en gabinetes.

### **2.2.6. Alimentador**

Son todos los conductores del circuito entre el equipo de servicio o tablero de distribución del generador de una planta aislada y el dispositivo contra corrientes en el circuito ramal.

### **2.2.7. Circuito de derivación**

Son los conductores del circuito entre el dispositivo contra sobrecorrientes que protege el circuito y las tomas de corriente.

### **2.2.8. Tomacorrientes**

Es un punto en el circuito del alambrado eléctrico donde se toma la corriente para alimentar el equipo de utilización

### **2.2.9. Contacto**

Es un dispositivo de contacto instalado en la toma de corriente para conectar una clavija única.

### **2.2.10. Equipo de utilización**

Es el equipo que utiliza energía eléctrica para servicios mecánicos, químicos, calefactores, de iluminación o similares.

## **2.3. Sistemas de distribución de Bajo Voltaje (BV)**

A continuación, se muestran los sistemas de voltaje más utilizados en la región latinoamericana:

### **2.3.1. Sistema monofásico 2 conductores 120 V**

Este sistema de distribución simple se utiliza sólo para cargas muy pequeñas. Cuando se tiene que suministrar servicio a cargas pesadas, el sistema de 120 V no es adecuado, porque se requieren grandes conductores. Además, la caída de voltaje de línea bajo carga se vuelve considerable incluso en distancias cortas.

### **2.3.2. Sistema monofásico, 3 conductores, 240/120 V.**

Para reducir la corriente y por ello el diámetro de los conductores, el voltaje se eleva a 240 V. Sin embargo, como el nivel de 120 V aún es muy útil, se desarrolló el sistema de 3 conductores y 240 V/120 V. El voltaje dual es producido por un transformador de distribución que tiene un devanado con derivación central (Neutro). El conductor común, llamado neutro, está firmemente conectado a tierra. Cuando las líneas “cargadas” A y B están



igualmente cargadas, la corriente en el neutro es cero. Cuando la carga es desigual, la corriente neutra es igual a la diferencia entre las corrientes de línea, de forma fasorial. Ambas líneas cargadas están protegidas por fusibles o cortacircuitos. Sin embargo, estos dispositivos protectores nunca deben colocarse en serie con el conductor neutro.

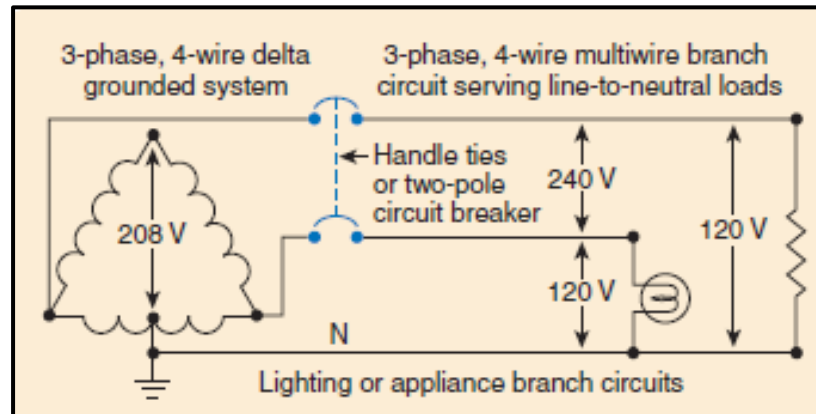


Figura 3. Sistema de distribución monofásico de 240 V/120 V

Fuente Handbook National Electric Code (2011)

### 2.3.3. Sistema trifásico, 4 conductores, 208/120 V

Se crea un sistema trifásico de 4 conductores utilizando tres transformadores monofásicos conectados en delta-Y. El neutro del secundario está conectado a tierra. Este sistema de distribución se utiliza en edificios comerciales y pequeñas industrias, porque el voltaje de línea de 208 V se puede utilizar para motores eléctricos u otras cargas grandes, en tanto que las líneas de 120 V se pueden utilizar para circuitos de iluminación y tomas de corriente. Las cargas monofásicas entre las tres líneas “cargadas” respectivas y el neutro se disponen para ser aproximadamente iguales.

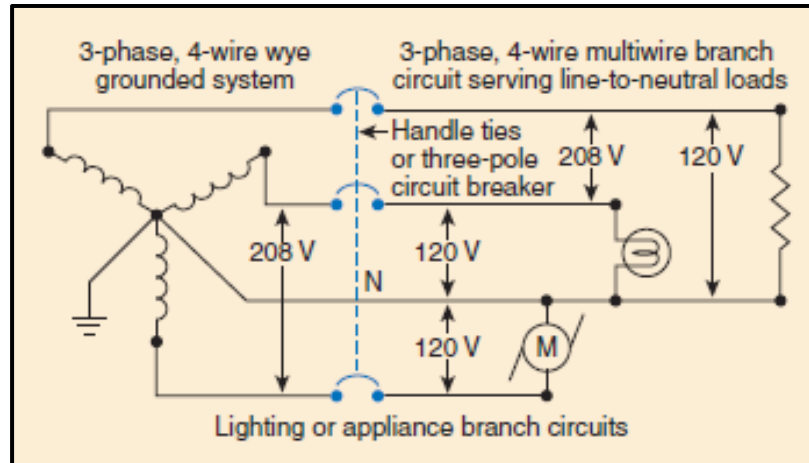


Figura 4. Sistema de distribución trifásico de 4 conductores, 208 V/120 V.

Fuente Handbook National Electric Code (2011)

#### 2.3.4. Sistema trifásico, 3 conductores, menos de 600 V.

Un sistema trifásico de 3 conductores y 600 V se utiliza en fábricas donde se instalan motores muy grandes, de hasta 500 hp. Se utilizan transformadores reductores, como se muestra en la siguiente figura de: 24900/ 600 V, distribuidos por todos los establecimientos, para alimentar cargas.

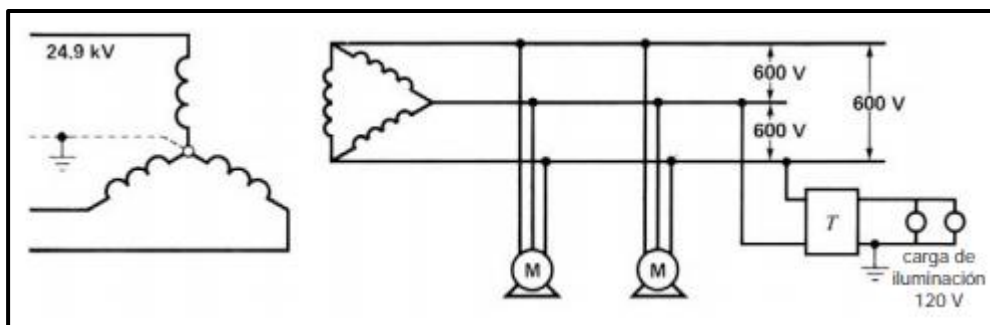


Figura 5. Sistema de distribución trifásico de 3 conductores, 600 V

Fuente Wildi, T (2007)

### **2.3.5. Sistema trifásico, 4 conductores, 480/277 V**

En edificios grandes y centros comerciales, se utiliza un sistema de distribución de 480 V y 4 conductores porque permite que los motores funcionen a 480 V en tanto que las luces fluorescentes operan a 277 V. Para tomas de corriente de 120 V se requieren transformadores aparte, normalmente alimentados por la línea de 480 V. Lo mismo sucede con los sistemas de 4 conductores, 600/347 V. Wildi, T (2007).

### **2.4. Iluminación INTE-ISO 8995-1**

En Costa Rica la normativa vigente es la ISO 8995 - 1 :2016 esta normativa rige sobre los niveles de iluminancia y condiciones de iluminación en los centros de trabajo en interiores el objeto y campo de aplicación es para establecer para establecer los niveles de iluminancia y requerimientos de iluminación en los centros de trabajo, para disponer de la cantidad de iluminancia requerida para cada actividad visual, y que esta no sea factor de riesgo y provoque daños a la salud de los trabajadores a realizar sus actividades. Esta norma aplica a todos los centros de trabajo en interiores El código anterior existente en Costa Rica es el INTE 31-08-06:2014.

Una buena iluminación va a crear un entorno visual que hará posible que las personas vean, se muevan y realicen tareas con eficiencia, precisión y seguridad, esto sin provocar fatiga visual y molestias, la iluminación puede ser natural, eléctrica o una combinación de ambas. En la norma mencionada se proponen los parámetros para crear condiciones visuales cómodas. Los valores recomendados se consideran que representen un equilibrio razonable que tiene en cuenta los requisitos para la seguridad, la salud y una ejecución eficiente del trabajo, estos valores pueden alcanzarse con soluciones energéticas prácticas y eficientes. En esta norma se especifican los requisitos de iluminación para los lugares de trabajo en

interiores y para que las personas ejecuten con eficiencia las tareas visuales, con comodidad y seguridad a través del período completo de trabajo.

Los criterios de diseño de la iluminación incluyen varios términos y condiciones los cuales deben estar claros a la hora de realizar un diseño de este tipo. La distribución de las luminarias en el campo visual controla el nivel de adaptación de los ojos, lo cual influye en la visibilidad de la tarea, una distribución variada de la luminaria en el campo visual también afecta la comodidad visual y deberían evitarse los siguientes puntos: Las luminancias demasiado altas pueden dar lugar a deslumbramiento, los contrastes demasiado altos de las luminarias que provocarán fatiga visual debido a la readaptación continúa de los ojos, las luminancias demasiado bajas y los contrastes demasiado bajos de las luminancias, que dan por resultado un entorno de trabajo sombrío y no estimulante y también debería prestarse atención al moverse de una zona a otra dentro de un edificio.

Los valores de la iluminancia pueden ser ajustados en un escalón de la iluminancia si las condiciones visuales difieren de las suposiciones normales, la iluminancia debe incrementarse cuando: existan contrastes inusualmente bajos en la tarea, cuando el trabajo visual es crítico, los errores son de costosa rectificación, cuando es de gran importancia la precisión o una mayor productividad, así como también la capacidad visual del trabajador está por debajo de la normal.

La uniformidad es de gran importancia, esta es la razón del valor mínimo con el valor promedio. La iluminancia debe cambiar en forma gradual y el área debe ser iluminada tan uniformemente como sea posible. Otro de los aspectos es el deslumbramiento el cual se refiere a la sensación visual provocada por áreas brillantes dentro del campo visual y que puede ser percibida como un deslumbramiento molesto o un deslumbramiento incapacitante. El deslumbramiento puede también ser provocado por reflexiones en superficies especulares,

conocidas usualmente como reflexiones velantes o deslumbramiento reflejado, en lugares de trabajo interiores el deslumbramiento molesto se presenta usualmente a causa de luminarias o ventanas brillantes, si se cumplen los límites del deslumbramiento molesto, entonces el deslumbramiento incapacitante no constituye un problema importante.

Se debe recalcar en el modelado, el cual se refiere al balance entre la luz difusa y la direccional. Es un criterio válido de la calidad de la iluminación prácticamente en todos los tipos de interiores. La apariencia general de una interior mejora cuando se iluminan sus detalles estructurales, las personas y los objetos dentro de él, de manera que se revelen con claridad y agradablemente la forma y la textura. Esto ocurre cuando la luz viene principalmente desde una dirección; las sombras formadas son esenciales para una modelación buena y se forman sin confusión. La iluminación no debería ser demasiado direccional, porque puede producir sombras fuertes, ni debería ser demasiado difusa, ya que se perdería completamente el efecto de modelado, lo que conduciría al resultado de un entorno luminoso muy sombrío.

El mantenimiento es un aspecto que no se debe dejar de lado, los niveles de iluminación recomendados para cada tarea se dan como iluminancias mantenidas, la iluminancia mantenida depende de la característica de mantenimiento de la lámpara, de la luminaria, el entorno y del programa de mantenimiento. También, deben tenerse consideraciones sobre la energía ya que la instalación de iluminación debería cumplir los requisitos luminotécnicos para cada interior, tarea o actividad son desperdicio de energía. Sin embargo, es importante que no se comprometan los aspectos visuales de una instalación de iluminación simplemente para reducir el consumo de energía, sin embargo existen países que han establecido límites acerca de la energía disponible para la iluminación, estos límites pueden lograrse mediante

una selección razonable del sistema de iluminación y el uso de interruptores y/o atenuadores, manuales o automáticos de las lámparas.

El parpadeo es importante debido a que da lugar a la distracción y puede ocasionar efectos fisiológicos como dolores de cabeza. El sistema de iluminación debería ser diseñado para evitar parpadeos, los efectos estroboscópicos pueden conducir a situaciones peligrosas al cambiar el movimiento percibido de maquinaria rotatoria o reciprocante. En general, el sistema de iluminación se debe diseñar para que esté libre de parpadeos y efectos estroboscópicos, lo cual se puede lograr si la alimentación eléctrica es de corriente continua o utilizando lámparas de frecuencia alta aproximadamente 30 kHz, además mediante la distribución de la iluminación en más de una fase de la alimentación eléctrica. La iluminación de emergencia debe instalarse y las normativas en Costa Rica aún están en periodo de preparación, por ende, queda a criterio del diseñador la solución brindada.

Existe una lista de requisitos de iluminación recomendados para los diversos locales y actividades donde los mismos se enumeran en tablas de la siguiente manera: Columna 1: Lista de interiores (áreas) tareas o actividades, la columna 1 lista aquellos interiores, tareas o actividades para las cuales se brindan requisitos específicos. Si un interior, tarea o actividad en particular no está en la lista, deben adoptarse los valores dados para una situación similar comparable. La columna 2: Iluminancia mantenida (Em, Lux), la columna 2 brinda la iluminancia mantenida sobre la superficie de referencia para el interior, la tarea o la actividad indicada en la columna 1. La columna 3: Capacidad unificada límite del deslumbramiento (CUDL), la columna 3 da los límites de la CUD aplicables a las situaciones indicadas en la columna 1. La columna 4: Índice mínimo del rendimiento de color (Ra), la columna 4 brinda los índices mínimos de rendimiento de color para la situación indicada en la columna 1. La columna 5: Observaciones hace advertencias y notas para las excepciones y aplicaciones

especiales de las situaciones listadas en la columna 1. A continuación se ilustra un ejemplo de las tablas de selección de valores por tipo de recinto.

Tabla 1. Listado de áreas interiores, tareas o actividades con especificación de la iluminancia, la limitación del deslumbramiento y la calidad del color

Tipo de interior, tarea o actividad	$E_m$ lux	$CUDI_L$	$R_a$	Observaciones
Control de calidad	1 000	19	90	Tcp 4 000 K, como mínimo
<b>22. OFICINAS</b>				
Archivado, copiado, circulación, entre otros.	300	19	80	
Escritura, mecanografía, lectura, procesamiento de datos	500	19	80	Para trabajar en PVD, ver 4.10
Dibujo técnico	750	16	80	
Estación de trabajo CAD	500	19	80	Para trabajar en PVD, ver 4.10
Salas de conferencias y reuniones	500	19	80	La iluminación debiera ser controlable (regulable)
Puesto (carpeta) de recepción	300	22	80	
Lugar de archivos	200	25	80	

Fuente: ISO 8995 - 1 :2016

Los procedimientos de verificación se basan en la iluminancia, la capacidad unificada de deslumbramiento, el índice de rendimiento de color, la apariencia de color y el mantenimiento. La iluminancia mantenida debe calcularse a partir de los valores medidos en los mismos puntos de la cuadrícula que se utilizó en los cálculos del diseño y el valor no será menor que el especificado para esa tarea. Sobre el índice de rendimiento de color el fabricante de las lámparas debe proporcionar los datos autenticados para las lámparas utilizadas, las lámparas deben verificarse contra las especificaciones del diseño y tendrán un rendimiento de color no menor al especificado. La apariencia del color debe venir en los datos autenticados del fabricante de lámparas, el valor del mismo no debe ser menor al especificado en el diseño.

En el mantenimiento debe establecerse el factor de mantenimiento y listar todas las suposiciones hechas en el cálculo del valor, verificar que los equipos estén adecuados al entorno de la aplicación y preparar un programa de mantenimiento, que incluirá la frecuencia de reposición de las lámparas, los intervalos y métodos de limpieza de las luminarias y de las superficies del local.

## **2.5.Uptime Institute y el ANSI/TIA-942**

Los Tiers son la manera de describir la disponibilidad, confiabilidad y costos estimados de construcción y mantenimiento de centros de datos, entre mayor el número más confiable el sistema. En la historia según el Uptime Institute el Tier I nacen en 1960, el tier II en 1970, el tier III a finales de 1980 y el tier IV a mediados de 1990, mismo tiempo en que nacen las computadoras con dobles sistema de alimentación, el Uptime Institute Inc, crea y promueve lo conocimientos y lineamientos necesarios que debe cumplir un Data Center para garantizar su disponibilidad y continuidad.

Según la página web del uptimestitute y el White paper sobre la clasificación de Tiers el desempeño de un data center se da en la siguiente clasificación de 4 niveles:

Tier I: Infraestructura básica.

Tier II: Infraestructura con componentes redundantes.

Tier III: Infraestructura con mantenimiento simultáneo

Tier IV: Infraestructura tolerante a fallas.

El Tier I trata sobre componentes no redundantes, una única vía de distribución no redundante y en ese caso una falla en un componente o en la distribución impactará en el funcionamiento de los sistemas de cómputo y la infraestructura queda susceptible a interrupciones por cualquier evento planeado no planeado. La aplicación de los tier I es, básicamente, para



negocios pequeños, infraestructura de TI sólo para procesos internos en donde las compañías hacen uso de la web como una herramienta de mercadeo, las compañías que basan su negocio en internet pero que no requieren calidad en sus servicios.

El tier II requiere igualmente de componentes redundantes, una única vía de distribución no redundante e infraestructura susceptible a interrupciones por cualquier evento planeado o no planeado, este requiere de un generador y una UPS redundante. La aplicación es a negocios pequeños y de uso de TI limitado a las horas normales de trabajo, con compañías que basan su negocio en Internet, pero que no requieren calidad en sus servicios.

Los Tier III requieren igualmente de componentes redundantes con vías de comunicación redundantes, unas activas y otras pasivas, es decir funcionando y otra de respaldo, los componentes pueden ser removidos durante un evento planeado sin generar interrupciones en el sistema, estos son susceptibles a actividades no planeadas y a alto riesgo de interrupción durante mantenimientos, la aplicación es para compañías que dan soporte 24/7 como centros de servicio e información, los negocios donde los recursos de TI dan soporte a procesos automatizados y en compañías que manejan múltiples zonas horarias.

El Tier IV es un sistema tolerante a fallas, un sistema con componentes redundantes los cuales tienen múltiples vías de distribución activas y redundantes, los componentes pueden ser removidos durante un evento planeado sin generar interrupciones en el sistema, además este sistema no es susceptible a interrupciones por un evento no planeado. Las posibles causas de interrupción son: alarma de incendio, supresión de incendios o EPO es emergency power off. La aplicación de estos es para compañías con presencia en el mercado internacional y que cuentan con servicios 24 horas al día, 365 días al año en mercados altamente competitivos, es decir compañías basadas en el comercio electrónico, estas tienen acceso a procesos y transacciones online, tal es el caso de las entidades financieras.

En general las horas de disponibilidad anual (Downtime anual) y la disponibilidad en función de las categorías de Tier se muestra a continuación como se indica en el White paper del Uptime Institute.

Tabla 2. Clasificación para rendimiento de infraestructura en horas anuales.

	<b>Tier I</b>	<b>Tier II</b>	<b>Tier III</b>	<b>Tier IV</b>
<b>Downtime anual</b>	28.8 hrs	22.0 hrs	1.6 hrs	0.8 hrs
<b>Disponibilidad</b>	99.671%	99.741%	99.982%	99.995%

Fuente: ANSI/TIA-942

El estándar TIA-942 en cambio brinda los requerimientos y lineamientos necesarios para el diseño e instalación de Data Center o centros de cómputo el mismo está aprobado por el TIA y por ANSI, la misma dicta los requerimientos de los diferentes elementos de un data center así como la estructura, ubicación, acceso, protección contra incendios, equipos y los sistemas de redundancia

La distribución del centro de cómputo consta de la configuración de pasillos fríos y calientes, ubicación de gabinetes, láminas de piso falso, instalación de racks sobre el piso falso y las especificaciones de los mismos. Dentro de los equipos y especificaciones se encuentran los gabinetes que deben contar con una altura máxima de 2,4 m, 42 U de espacio mínimo y profundidades de 1 m a 1,1 m. El generador debe alimentar los sistemas de A/C, debe instalarse un TVSS en la salida y el combustible debe ser preferiblemente diésel, porque permite un arranque más rápido que con gas natural, el mismo debe contar con un sistema remoto de monitoreo y alarmas para el sistema de almacenaje de combustible.

El sistema de UPS debe tener suficiente tiempo de respaldo para que se encienda el generador, el mismo debe ser de entre 5 y 30 min en baterías, en el caso del sistema Tier IV este debe contar con un sistema Dual Bus con UPS redundantes y el cuarto de UPS y baterías debe contar con un PAC. Los PDU cuentan de un transformador de aislamiento, un supresor de transientes, paneles de distribución y monitoreo locales y remotos. Los TVSS consisten en los supresores de transientes instalados en cada nivel del sistema de distribución. El sistema de control y monitoreo ambiental y de potencia consta de un sistema que integra el generador, UPS, ASTS, PDU, ATS, TVSS y el Aire Acondicionado. Como se puede ver la aplicación de los Tier es ampliamente utilizada a nivel de arquitectura, telecomunicaciones y en el área eléctrica y mecánica.

En el área arquitectónica el Tier es sin protección para eventos físicos, naturales o intencionales, los Tier II ofrecen protección mínima a eventos críticos y deben poseer puertas de seguridad, los Tier III deben contar con acceso controlado, con muros exteriores sin ventanas y deben contar con un sistema de seguridad perimetral y CCTV, los Tier IV debe ofrecer protección contra desastres naturales, sismos, inundaciones y huracanes, el mismo debe estar construido en un edificio separado y debe contar con cercanía a lugares públicos como aeropuertos y líneas férreas, así como un requerimiento antisísmicos según la zona.

En el área de las telecomunicaciones los tier I deben contar con un solo proveedor y una sola ruta de cableado. Los Tier II deben contar con redundancia en equipos críticos, fuentes de poder y procesadores. Los Tier III deben poseer dos proveedores, dos cuartos de entrada de servicio y rutas y áreas redundantes. Los Tier IV además de lo anterior debe contar con un sistema de tierras aisladas.

En el área eléctrica los Tier I deben contar con piso falso, UPS y generador sin redundancia, una única vía de distribución, UPS simples o paralelas por la capacidad y deben contar con

un bypass para mantenimiento, los PDUs y paneles de distribución utilizados para distribución de la carga, los sistemas de tierra deben contar con los requerimientos mínimos y el monitoreo de sistemas es opcional.

Los Tier II cuentan con UPS redundante N+1, un generador redundante, PDUs redundantes, los cuales están preferiblemente alimentados de sistemas de UPS separados, los gabinetes deben contar con dos circuitos eléctricos dedicados de 20 A/120 V y un sistema EPO. El sistema Tier III posee al menos una redundancia N+1 en el generador, UPS y el sistema de distribución, las dos vías de comunicación son: la activa y la alterna, el sistema de aterrizaje y el sistema de protección para el alumbrado. El sistema de control y monitoreo para monitoreas equipos eléctricos y un servidor redundante para asegurar monitoreo y control continuo.

El tier IV es un diseño con 2 (N+1), en este las UPS deben contar con bypass manual para el mantenimiento de la falla, un sistema de monitoreo de baterías y debe contar con una entrada de servicios dedicada y aislada de otras facilidades críticas. Este al menos debe contar con dos distribuciones de diferentes subestaciones y debe contar con detección de incendios y transferencia automática.

En el área mecánica el Tier I cuenta con una o varias unidades de aire acondicionado sin redundancia y tuberías con una sola ruta. Los tier II cuentan con capacidad de enfriamiento combinada, temperatura y humedad. Los Tier III constan de múltiples unidades de aire acondicionado, tuberías, bombas duales y detección de derrames. Los Tier IV deben ser capaces de soportar fallas en un tablero de alimentación y por fuentes de agua externa

## **2.6.Diseño eléctrico**

### **2.6.1. El NEC**

El código de instalaciones eléctricas estadounidense se desarrolló para establecer niveles uniformes de seguridad y provee reglas específicas de como diseñar, instalar y hacer cumplir las reglas de instalación de los sistemas eléctricos. Este puede utilizarse para lograr una instalación segura, en su Sec.90.1 establece que el propósito de este código es salvaguardar la vida de las personas y la propiedad, de los peligros que provienen de uso de la electricidad, este código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad de la vida de la propiedad y de la producción.

El NEC cuenta, además, con un entrelazamiento con las normas de fabricación de componentes, algunas de estas como la sec.210.20(A) indican que la capacidades de la protección de sobrecorriente que sirve a una combinación de cargas continuas y no continuas, no deberá ser inferior a la suma de la carga discontinua más el 125% de la carga continua, además nos señala en su sec.11.2 Que las protecciones están diseñadas para utilizarse al 80% de sus capacidad nominal cuando estén supeditados a cargas continuas y al 100% cuando estén supeditados a cargas no continuas.

Existentes diferentes entes certificadores los cuales son organismos sin fines de lucro, los cuales han sido creados con el fin de prestar ayuda a organizaciones aseguradoras creando normas y aprobando productos y materiales que cumplan las normas y a su vez minimicen la pérdida de vidas humanas, los daños a la propiedad y a la producción. De acuerdo a la OSHA, se requieren laboratorios certificados para realizar las pruebas de conformidad de fabricación y de seguridad electrónica a ser utilizados en sistemas eléctricos UL/ANSI.

La marca UL Listed en un producto es evidencia que las muestras totales de ese producto han sido evaluadas por UL, en función de las normas respectivas y han sido encontradas libre de todo riesgo haciendo al producto razonablemente libre de riesgo de fuego, choque eléctrico y otros riesgos asociados. Aunque UL no exige a un fabricante que todos sus productos lleven la marca UL LISTED, se exige que el producto que la lleve, debe haber sido bajo los requerimientos UL.

Sin embargo, el consumidor debe siempre cerciorarse que un determinado producto lleve la marca UL, en aquellas que no cuenten con este sello UL y requieran ser aprobadas para instalación se debe verificar los artículos sec.110.2 y las sec.110.3(A) y (B) del Código eléctrico y será responsabilidad del inspector valorar la seguridad hacia la vida y la salvaguardia de la propiedad, teniendo incluso que recurrir a expertos.

Deben resaltarse aspectos como que al no utilizar componentes certificados se pueden producir situaciones como tableros eléctricos que no soporten las corrientes de cortocircuito a que están sujetas, incrementos de temperatura en dispositivos los cuales suelen ser muy críticos para los sistemas eléctricos, disyuntores incompatibles con los conductores físicamente, disyuntores cuyas características nominales no son compatibles con las corrientes de falla y voltajes nominales incompatibles con el sistema eléctrico.

Cuando en la sec.110-10 del NEC se dice que los dispositivos de protección, su capacidad de soporte de los componentes a las corrientes de falla y otras características del circuito deben seleccionarse y coordinarse de manera que los dispositivos de protección despejen la falla sin daño a los componentes del circuito.

La inspección del fiscal es de suma importancia y verifica que la instalación cumple con el NEC, así como también lo utiliza como base de la inspección y prevé un mecanismo legal de

aplicación de los requerimientos de una instalación eléctrica a nivel comercial, industrial y residencial.

Entre las razones que hacen peligroso un diseño eléctrico están la utilización de componentes no fabricados bajo normas no compatibles con el NEC o sus parámetros de instalación el no acatar las normativas ANSI/UL por parte del CFIA, Municipalidades, Bomberos, INS, la selección equivocada de un conductor que lleve a otro dispositivo de seguridad a funcionar a una temperatura superior al límite de seguridad y no sobredimensionar al 125% de su respectiva capacidad nominal a las protecciones de sobrecorriente y los conductores cuando estos se encuentran funcionando con cargas continuas.

Muchas de las vulnerabilidades de las instalaciones eléctricas se pueden prevenir con la certificación de los equipos, la operación, mantenimiento y registro de modificaciones u ampliaciones, la constante actualización, los estudios de arc flash, los estudios de armónicos, los estudios de coordinación de protecciones, los estudios de cortocircuito y la capacitación del personal encargado de la instalación y su respectiva inspección.

Debido a que los sistemas de potencia modernos deben reaccionar adecuadamente ante la presencia de una falla de aislamiento y su consecutivo cortocircuito; los disyuntores y los fusibles presentes en el sistema deben interrumpir la corriente de falla en forma segura, logrando un mínimo daño a los equipos y una mínima perturbación en el funcionamiento del sistema, si la corriente de cortocircuito está presente en la instalación los componentes como transformadores, cables, conductores, switches, UPS y demás equipos deben soportar los esfuerzos mecánicos y térmicos resultantes del paso de la corriente.

Las consecuencias de un diseño inadecuado pueden ser desde daños físicos, daños en equipos y prolongados tiempos muertos se darán si los componentes del sistema de potencia y sus protecciones no son las adecuadas para las corrientes de falla resultantes.

El NEC exige que las protecciones tengan la suficiente capacidad interruptiva para las corrientes de cortocircuito disponibles, el estudio de cortocircuito determina la magnitud de estas corrientes y si el equipo tiene la capacidad de soportar el cortocircuito o de interrumpirlo. En una instalación nueva, el estudio debe realizarse previo a la selección del equipo eléctrico y en las instalaciones existentes, deben realizar si suceden cambios significativos dentro de la instalación o si se incrementa la capacidad del transformador alimentador.

Este es el estudio que se realizará para el sistema eléctrico propuesto y se enfatizará más adelante, sin embargo, no es el único que se realizará o existe, los diversos estudios se describen brevemente a continuación.

El estudio de flujo de carga, el cual sirve para establecer el flujo de corriente y los voltajes presentes bajo las condiciones de funcionamiento que se establezcan, de igual forma permite determinar si los calibres de los conductores y sus longitudes son las adecuadas para las condiciones de carga y caída de tensión, permiten dichos estudios determinar la idoneidad o no de las características que se han elegido para transformadores y equipos de potencia, añadiendo además que este es un estudio fundamental cuando se desea profundizar en el factor de potencia de los sistemas y sus respectivas consecuencias.

Los estudios de coordinación por otra parte se efectúan para seleccionar los ajustes y tamaños de relés, disyuntores y fusibles, así como analizar cuál de las selecciones brinda la máxima protección con la menor perturbación en el funcionamiento. Los dispositivos de protección inmediatamente aguas arriba de donde sucede la falla deben aislar el cortocircuito y minimizar el daño y la interrupción del servicio, las protecciones aguas arriba, deben actuar coordinadamente si la protección más cercana en la falla no interceptara la falla. Un estudio



de coordinación es adecuado para brindar la máxima protección para los distintos componentes de un sistema eléctrico.

Por otra parte, los estudios de armónicos consisten en la modelación matemática del sistema de potencia para identificar potenciales problemas de calidad de energía y evaluar las posibles soluciones. Los problemas por voltajes armónicos y la distorsión de corriente cada vez aumenta debido a las cargas no lineales que se incrementan con equipos como las computadoras, los variadores de frecuencia, la iluminación y UPS.

Otra clase de estudios que son normados en la NFPA 70E son los análisis de riesgo de arc flash, ya que previo a que un trabajador realice un trabajo sobre un equipo energizado es requerido este estudio, el cual establece recomendaciones para el uso de vestimenta PPE, las fronteras de aproximación limitada, restringida y prohibida, además de la protección de *arc flash* conocida como fulguración y las prácticas seguras de trabajo.

En el NEC existen gran cantidad de artículos que se deben tomar en cuenta para realizar un diseño eléctrico acorde a los estipulado en el código eléctrico, algunos de los artículos más importantes se enumeran a continuación:

## **2.6.2. Artículos NEC de interés**

### **110.14(C)**

Establece los límites de temperatura para la selección de calibres. En este se aclara que “la ampacidad del conductor utilizada para determinar las disposiciones para los terminales del equipo se debe basar en la Tabla 310.16 y según las modificaciones adecuadas de la sección 310.15 (B) (6)”. (National Fire Protection Association, 2014)

## **210.8**

Se aclara que algunos receptáculos deben de tener protección mediante interruptores de circuitos por falla a tierra (GFCI). Básicamente los toma corrientes que necesitan de esta tecnología son los que se ubican en lugares húmedos o donde puede haber contacto con agua. A nivel de viviendas, el NEC solicita tener este tipo de protección en los tomacorrientes ubicados en: baños, garajes, exteriores, espacios de poca altura, sótanos, cocinas, lavanderías y cobertizos para botes.

El NEC también especifica que en edificios que no sean viviendas y tengan tomacorrientes en baños, cocinas, azoteas o exteriores, debe tenerse protecciones con interruptores de circuitos por falla a tierra.

## **210.19(A)(1)**

“Cuando un circuito ramal alimente cargas continuas o cualquier combinación de cargas continuas y no continuas, el calibre mínimo del conductor del circuito ramal, antes de la aplicación de cualquier factor de corrección o ajuste, debe tener una ampacidad permisible no inferior a la carga no continua más el 125 % de la carga continua”. (National Fire Protection Association, 2014)

## **210.19(A) (1) NLM No. 4**

Establece que la caída de tensión en los circuitos ramales no debe superar el 3% en “la salida más lejana de las cargas de fuerza, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas”. (National Fire Protection Association, 2014). Además, “la caída máxima de tensión de los circuitos alimentador y ramal hasta la salida más lejana no supere el 5%”. (National Fire Protection Association, 2014) Para la caída de tensión del alimentador se debe hacer referencia al artículo 215.2(A) (3) NLM No. 2.

### **210.20(A)**

Así como el calibre debe de ser capaz de aguantar la carga no continua más el 125% de la carga continua, “el valor nominal del dispositivo de sobre corriente no debe ser menor a la carga no continua más el 125% de la carga continua”. (National Fire Protection Association, 2014)

### **215.2(A) (3) NLM No. 2**

Al igual que en la nota número 4 del artículo 210.19(A)(1), la máxima caída de tensión permitida en los calibres de los alimentadores es 3%. Además, se recuerda que la caída de tensión hasta el punto más lejano (incluyendo alimentador y ramales) no debe superar el 5% de caída de tensión.

### **215.3**

A la hora de seleccionar las protecciones de los alimentadores, es necesario tomar en cuenta si se tiene cargas continuas el 125% de estas cargas; es decir, “la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobre sobrecorriente no debe ser inferior a la carga no continua, más el 125% de la carga continua”. (National Fire Protection Association, 2014)

### **220.12**

Se brinda la Tabla 220.12 en la cual se brinda la carga mínima para iluminación según el tipo de actividad que se desarrolle dentro de la instalación. Para el caso de los bancos, se debe de tomar como mínimo  $39 \text{ VA/m}^2$  ( $3,5 \text{ VA/ft}^2$ ).

Para efectos de cálculo, se puede ver que se necesita el área de la edificación. Este mismo artículo aclara que el “área del suelo de cada piso se debe calcular a partir de las dimensiones exteriores del edificio”. (National Fire Protection Association, 2014).

### **220.14(K)**

El artículo 220.14 sobre la estimación de la carga mínima para las salidas de tomacorrientes de uso general para distintos casos. Sin embargo, en el apartado K se especifica el caso de los bancos y edificios de oficinas.

Se dice que puede tomarse una potencia mínima de  $11 \text{ VA/m}^2$  ( $1 \text{ VA/ft}^2$ ) o calcularlo según el artículo 220.14(I), el cual dice que cada receptáculo simple o múltiple de un solo yugo se debe de considerar a un mínimo de 180 VA.

### **220.18(B)**

Se aclara que en caso de tener luminarias con balastos o transformadores (carga inductiva) se tiene que tomar en cuenta el valor nominal de la corriente total de cada unidad. Es decir, no cometer el error de tomar como dato de cálculo la potencia real de la luminaria.

### **220.40**

La selección de equipos para los alimentadores está asociada a un cálculo de carga que “no debe ser inferior a la suma de las cargas en los circuitos ramales alimentados” (National Fire Protection Association, 2014), pero luego de aplicar los factores de demandas correspondientes.

### **220.42**

Los factores de demanda para los circuitos ramales asignados a la iluminación ya tienen un valor asignado. Este factor de demanda se obtiene de la tabla 220,42. Para usar esta tabla es necesario tener claro el tipo de ocupación de la instalación en análisis.

Tabla 3. Factores de demanda de cargas de alumbrado "Tabla 220.42"

Tabla 220.42 Factores de demanda de cargas de alumbrado		
Tipo de ocupación	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (Volt-amperes)	Factor de demanda (%)
Unidades de vivienda	Primeros 3000 o menos	100
	De 3001 a 120.000	35
	A partir de 120.000	25
Hospitales *	Primeros 50.000 o menos	40
	A partir de 50.000	20
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocina para los inquilinos*	Primeros 20.000 o menos	50
	De 20.001 a 100.000	40
	A partir de 100.000	30
Depósitos (almacenamiento)	Primeros 12.500 o menos	100
	A partir de 12.500	50
Todos los demás	Volt-amperes totales	100

\*Los factores de demanda de esta Tabla no se deben aplicar a la carga calculada de los alimentadores o acometidas que dan suministro a áreas de hospitales, hoteles y moteles en las que es posible que se deba utilizar toda la iluminación al mismo tiempo, como quirófanos, comedores y salas de baile.

Fuente: NEC 2014.

A la hora de diseñar el alimentador, "...la carga del neutro del alimentador o de la acometida debe ser el máximo desequilibrio de la carga". (National Fire Protection Association, 2014).

#### 240.6(A)

Se estandariza los valores de los fusibles e interruptores automáticos de disparo fijo. Los valores de estas protecciones en ampere son: 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1 000, 1 200, 1 600, 2 000, 2 500, 3 000, 4 000, 5 000 y 6 000.

### **250.53(B)**

En los sistemas de puesta a tierra, cuando se usan electrodos, cada uno "...no debe estar a menos de 1,83 m (6 pies) de cualquier otro electrodo de otro sistema de puesta a tierra".

(National Fire Protection Association, 2014)

### **250.56**

Si al instalar un electrodo de puesta a tierra no se tiene una resistencia igual o menor que 25  $\Omega$  se debe instalar otro electrodo adicional que cumpla con lo especificado en los artículos 250.52 (A) para disminuir esta resistencia eléctrica. (National Fire Protection Association, 2014)

### **250.66**

Se brinda la tabla 250.66, en la cual se debe de basar la selección del calibre para los electrodos de puesta a tierra. Sin embargo, establece tres excepciones

Una de ellas es cuando se usan electrodos de varilla, tubos o placas. Las aclaraciones para este tipo de puesta a tierra se brindan en los artículos del 250.52 (A) (5) hasta 250.52(A) (7).

Para estos casos no se exige un conductor superior a 6 AWG cuando se usa cobre y 4 AWG cuando se usa aluminio.

La segunda excepción es cuando el electrodo está encerrado en concreto. Este caso está regulado por el artículo 250.52 (A) (3), pero este artículo especifica que no se exige un calibre superior a 4 AWG para cables de cobre.

La última excepción es cuando se tiene un anillo de puesta a tierra. Este tipo de puesta a tierra se comenta en el artículo 250.52(A) (4). En estos diseños, el NEC no exige un calibre superior al que se utiliza para el anillo de puesta a tierra.

### **250.122(A)**

En este artículo se especifica que los “conductores de puesta a tierra de equipos, de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre, de tipo alambre, no deben ser de calibre inferior a los presentados en la Tabla 250.122”. (National Fire Protection Association, 2014).

También, se aclara que el NEC no exige colocar conductores de puesta a tierra de un calibre superior, a los cables que alimentan cada circuito ramal.

### **310.4**

Establece que los conductores instalados en paralelo no deben ser inferiores al calibre AWG #1/0. Y en su nota (B) se aclaran las características que deben de tener los conductores en paralelo para acometidas:

1. De igual longitud
2. Del igual material
3. Del mismo calibre (área circular en mils)
4. De igual aislamiento
5. Terminar en los mismos nodos de conexión

### **310. 15(B)**

Se establece que, para la selección de conductores con una tensión menor a 2000 V nominales, se debe usar la ampacidad de los calibres que se muestran en las tablas de la 310.16 hasta la 310.19.

#### **310. 15(B) (2)(a)**

Cuando se tienen más de tres cables portadores de corriente en una canalización se debe de castigar su capacidad por un factor de corrección. Estos factores de corrección se pueden encontrar en la Tabla 310.15 (B)(2)(a). Hay que tener claro que “...cada conductor portador

de corriente de un grupo paralelo de conductores debe contar como un conductor portador de corriente”. (National Fire Protection Association, 2014)

### **310.15(B) (4) (c)**

Cuando se tiene una instalación trifásica tetrafililar en estrella y la mayor parte de las cargas son cargas no lineales, “el conductor del neutro se debe considerar como un conductor portador de corriente” (National Fire Protection Association, 2014). Esto, principalmente, por la presencia de corrientes armónicas en el cable de neutro.

### **430.6**

Cuando se tienen motores dentro del diseño eléctrico, los calibres deben ser seleccionados según las tablas de ampacidad permisibles. Además, las ampacidades de los motores se deben de establecer según lo especificado en las secciones 430.6(A), (B) y (C).

#### **430.6(A) (2)**

“La protección independiente contra sobrecarga de un motor debe basarse en el valor nominal de corriente de la placa de características del motor”. (National Fire Protection Association, 2014)

#### **430.24**

En algunos casos, los conductores deben brindar energía eléctrica a varios motores y otros tipos de cargas. Para estos casos, este artículo establece que el conductor necesita una “ampacidad como mínimo del 125 por ciento de la corriente nominal de plena carga del motor con el valor nominal más alto, más la suma de las corrientes nominales de plena carga de todos los otros motores del grupo”. (National Fire Protection Association, 2014)



### **430.53(A)**

Cuando hay un circuito ramal protegido a no más de 20 A y a una tensión de 120 V, o un circuito protegido a no más de 15 A y a una tensión menor a 600 V se permite conectar varios motores sólo si ninguno excede 1 HP y se cumplen las siguientes condiciones (National Fire Protection Association, 2014):

1. La corriente nominal a plena carga de cada motor es menor a 6 A.
2. Los valores nominales de los dispositivos de protección de falla a tierra y cortocircuito del ramal no supera al marcado en cualquiera de los controles.
3. Se cumple con el artículo 430.52, referente a la protección contra sobrecarga de cada motor.

### **445.13**

En cuanto a la ampacidad de los calibres que conectan al generador con el primer dispositivo de distribución, los calibres deben tener una capacidad de al menos “115 por ciento de la corriente nominal marcada en la placa de características del generador”. (National Fire Protection Association, 2014)

Para el cable de neutro, se debe de diseñar de acuerdo al artículo 220.61. Mientras que el calibre para la puesta a tierra tiene que respetar lo estipulado en el artículo 250.30(A). Una excepción de este artículo es cuando “el diseño y funcionamiento del generador eviten las sobrecargas”. (National Fire Protection Association, 2014) En este caso las ampacidades de los calibres no debe ser menor al 100% de la corriente nominal que indica la placa del generador.

## **2.7.Método de los kva equivalentes para estudio de cortocircuito.**

Se ha escogido este método debido a que permite calcular las Corrientes de cortocircuito no solamente en un punto del sistema, como sucede con el método de los p.u, sino en cada punto del sistema eléctrico sin requerir la utilización de los costosos programas de computación, sin embargo, se debe ser capaz de sumar cantidad reciprocas ( $1/X$ ). lo cual se logra mediante la utilización del concepto de los KVA equivalentes para cada elemento del sistema sin importar la complejidad del sistema eléctrico sucesivo. Este método es el principal de corroboración de resultados y recomendado para estimar costos de instalaciones eléctricas. Este método se basa en la premisa de que todos los sistemas eléctricos son sistemas KVA y consiste en manipularlos, así la metodología prevé la solución para todas las barras del sistema de una sola vez y no se requieren hacer cálculos por separado por barras.

Este método de cálculo se selecciona debido a que el altísimo costo del software de cortocircuito hace de este algo injustificable desde un punto de vista económico para la gran mayoría de empresas medianas y pequeñas, sumado a que los cálculos clásicos formales de cortocircuito mediante el método p.u son abstractos, difíciles y requieren mucho tiempo, además que no se adecuan para realizar cálculos de falla bajo diferentes condiciones hipotéticas.

De hecho, debe utilizarse un cálculo con cada una de las barras donde se desea determinar el cortocircuito, de igual forma los programas modernos de computación son abstractos y los errores en la esquematización del modelo suelen ser muy comunes, sino se tiene idea de los valores de falla a obtener de la computadora, el error pasará de ser percibido.

Las corrientes de cortocircuito representan una enorme cantidad de energía destructiva que se libera del sistema eléctrico bajo condiciones de falla. Bajo condiciones de falla están

pueden causar serios daños en el sistema eléctrico y tienen el potencial suficiente para quemar o matar personas que se encuentren en la cercanía de la falla, esto debido a que se libera energía térmica y fuerzas electromagnéticas capaces de doblar los conductores y causar latigazos entre los cables conductores; El código eléctrico requiere la protección de las personas y sistemas bajo cortocircuito en las Sec. 10.9 y 110.10.

Como se mencionó anteriormente estos estudios deben realizarse tanto cuando se diseña la instalación como cuando se hacen modificaciones importantes, sin embargo, la buena práctica aconseja realizar estos estudios por lo menos cada cinco años. Por modificaciones importantes se entiende un cambio en la compañía distribuidora, un cambio en la configuración del sistema primario o secundario de la instalación, un cambio en el transformador o de su impedancia, cambios en la longitud o las dimensiones de los conductores o motores alimentados por el sistema eléctrico.

Cuando se presenten aumentos de las corrientes de cortocircuito disponibles, se debe efectuar una revisión en las capacidades interruptivas de las protecciones y la capacidad del soporte a los equipos por esfuerzos mecánicos, dicho estudio podría implicar el cambio de algunos interruptores o fusibles o la instalación de dispositivos limitadores de corriente o reactores limitadores de corriente.

La clave radica en conocer con precisión cuanta corriente de cortocircuito está disponible en cada punto del sistema, esta se determina por la cantidad de trabajo útil que se realiza y tiene poco que ver con el tamaño del sistema, sin embargo la magnitud de la corriente de cortocircuito es prácticamente independiente de la carga y está relacionada directamente con el tamaño o capacidad de la fuente de alimentación, cuanto más grande sea el sistema que suministra la energía eléctrica, mayor será la corriente de cortocircuito.

Existen tres fuentes fundamentales de cortocircuito como lo son la compañía distribuidora, los motores y los generadores internos. En motores eléctricos síncronos y asíncronos apenas se establece el cortocircuito, el voltaje en las inmediaciones de la falla se reduce, entonces el motor no absorbe energía comienza a desacelerar, pero la inercia de la carga y la propia tienden a mantener la máquina en rotación y como sigue siendo excitada, se comporta como un generador y entrega corriente por muchos ciclos después de que se manifiesta la falla.

Para el caso de los motores de inducción durante el funcionamiento normal de la máquina, el flujo es producido por la línea de alimentación, cuando se elimina el voltaje al momento del cortocircuito, la máquina continúa girando por la inercia y como el flujo del rotor no desaparece instantáneamente, se genera un voltaje de estator y en consecuencia una corriente que alimenta la falla hasta que el flujo del rotor se anule.

La corriente se anula casi completamente en cuatro ciclos, ya que no hay corriente de excitación que mantenga el flujo, pero es lo suficientemente largo como para afectar el funcionamiento del interruptor en el instante del cortocircuito y en el instante de la interrupción si este se acciona dentro del primero o segundo ciclo después de presentarse la falla.

En ambos tipos de motores la magnitud de la corriente de la falla depende del voltaje, de la reactancia de la máquina y de la impedancia comprendida entre la máquina y del punto de la falla. La impedancia de la máquina al instante del cortocircuito coincide prácticamente con la impedancia a rotor bloqueado y de ahí que la corriente inicial simétrica de cortocircuito de un motor de inducción es aproximadamente igual a la corriente de arranque a pleno voltaje. Finalmente, los motores síncronos y los motores de inducción se toman en cuenta cuando interesan los valores de corriente inmediatamente después de haberse presentado el cortocircuito, pudiéndose ignorar su efecto cuando en cambio interesan los valores de

corriente de falla unos 5 ciclos después de que ésta se manifiesta; debido a la contribución de corrientes de cortocircuito que tienen las fuentes internas, las corrientes de falla dentro de las instalaciones son casi siempre menores que la que suministra la compañía distribuidora. Debido a la cogeneración y que los generadores son movidos por turbinas, motores diésel y cualquier otro tipo de primotor, cuando sucede un cortocircuito en un circuito alimentado por un alternador, este continua a producir un voltaje porque la excitación de campo se mantiene y el motor primario mantiene al alternador en su velocidad normal; El voltaje generado produce una corriente de cortocircuito de alta magnitud que fluye del generador a la falla, este flujo de corriente estará limitado únicamente por la reactancia del generador y la impedancia del circuito del generador a la falla.

La reactancia de las máquinas sincrónicas no tiene un sólo valor como sucede con un transformador o un cable, sino que es compleja y variable con el tiempo, por ejemplo, cuando se manifiesta un cortocircuito en los terminales del alternador.

La corriente de cortocircuito se comporta comenzando en un valor alto y decayendo en un valor estable después de un tiempo de iniciado el cortocircuito, puesto que la excitación del campo y la velocidad de la máquina permanecen constantes durante un lapso considerado, puede asumir un cambio en la reactancia aparente de la máquina para explicar el cambio en la magnitud de la corriente de cortocircuito con el tiempo; se establecen tres valores de reactancia para los alternadores y motores síncronos.

La reactancia subtransitoria  $X_d''$  es la reactancia aparente en el instante en que sucede el cortocircuito y determina la corriente que fluye en los primeros instantes del cortocircuito, la reactancia transitoria  $X_d'$  es la reactancia aparente después de los primeros ciclos y determina la corriente que fluye una vez que se han transcurrido estos primeros ciclos en que la corriente ha disminuido muy rápidamente.

La reactancia sincrónica  $X_d$  es la reactancia aparente que determina el flujo de corriente cuando se alcanza un régimen estable, no se hace efectiva sino hasta varios segundos después de haberse iniciado el cortocircuito, por consiguiente, no tiene efectos en cálculos de cortocircuitos para la determinación de disyuntores.

Para la mayoría de sistemas industriales la corriente máxima de cortocircuito se manifiesta con una falla trifásica franca, las corrientes de falla son generalmente menores en los casos de fallas de línea a tierra o entre líneas que en el caso de fallas trifásicas de línea a tierra o entre líneas que en el caso de las trifásicas, así se tiene que el estudio de fallas trifásicas suele ser suficiente en la mayoría de los casos para determinar las protecciones en el caso de sistemas industriales, los procedimientos de cálculos de cortocircuito se hacen con base a cortocircuito trifásico con impedancia igual a cero en el punto de cortocircuito trifásico con impedancia igual a cero en punto de cortocircuito o lo que es lo mismo como cortocircuitos francos.

La magnitud de la corriente que un dispositivo activo como un generador puede entregar está directamente ligada con los kva's equivalentes del dispositivo, así como también la magnitud de la corriente que una impedancia permite que fluya, está también ligada con kva's equivalentes. Para sistemas monofásicos y trifásicos se utiliza la siguiente fórmula con: la corriente de línea, el voltaje al voltaje de fase y los kva de fase,

$$I = kva / kv \quad (1)$$

También los kva trifásicos se pueden expresar en función de la corriente de línea y del voltaje de línea con lo siguiente:

$$kva = kv * I * \sqrt{3} \quad (2)$$

Alternativamente los kva trifásicos pueden también expresarse en función del voltaje de línea y la impedancia del circuito con la siguiente fórmula:

$$kva = (1\ 000 * kv^2)/Z \quad (3)$$

Así para cada impedancia Z del circuito, habrá unos kva's equivalentes que variarán en forma inversa a Z, los kva's equivalentes de transformadores, cables y reactores del circuito limitarán los kva's que podrán fluir de ellos. Desde un punto de vista práctico los kva's equivalentes de un motor, generador o sistema de distribución de energía, son los kva's que se generarán y que fluirán cuando las terminales de la máquina o del sistema de distribución estén cortocircuitados, manifestándose la f.e.m de la máquina o del voltaje de distribución de energía. Los kva de elementos pasivos se pueden definir como los kva's que fluirán a un cortocircuito conectado a un conjunto de terminales del elemento, con el otro conjunto de terminales conectado a un sistema de barras de potencia infinita.

Los kva's equivalentes y sus respectivas impedancias nos dice que los kva's equivalentes conectados en serie se comportan de la misma manera que las impedancias conectadas en paralelo y que los kva's equivalentes conectados en paralelo se comportan como impedancias conectadas en serie.

Para elementos conectados en serie:

$$Z_t = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_N$$

$$KVA_{totales} = 1/\left\{\left(\frac{1}{KVA_1}\right) + \left(\frac{1}{KVA_2}\right) + \dots + \left(\frac{1}{KVA_N}\right)\right\} \quad (4)$$

Para elementos conectados en paralelo

$$KVA_{totales} = KVA_1 + KVA_2 + \dots + KVA_N \quad (5)$$

$$Z_{total} = 1/\left\{\left(\frac{1}{Z_1}\right) + \left(\frac{1}{Z_2}\right) + \dots + \left(\frac{1}{Z_N}\right)\right\} \quad (6)$$

La determinación de los kva's equivalentes se da para los diversos elementos del sistema como sigue:

La determinación de los kva's equivalentes del sistema de distribución, este valor lo entrega la compañía una vez que se haya solicitado con una carta del ingeniero encargado de la instalación, si se suministra la información como kva's de falla, es decir ( $KVA_{cc}$ ) en las inmediaciones de la planta, esta se utiliza tal cual sin requerir de conversión; Si en cambio se suministra la corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ ) se utiliza para convertirla en kva's de falla:

$$KVA_{cc} = \sqrt{3} * KV * I_{cc} \quad (7)$$

Los kva's equivalentes de generadores internos generalmente indican en la placa de los generadores e indican la reactancia subtrancitoria  $X''$  de estas máquinas, dicha reactancia se manifiesta solo durante los primeros ciclos de la falla y produce un aporte de la máxima corriente de cortocircuito por parte de los generadores. La determinación es sencilla y está dada por la siguiente expresión

$$KVA_{equivalentes} = KVA_{generador} / X'' \quad (8)$$

Los kva's equivalentes de los transformadores se calculan de la siguiente manera, donde % Z es igual al porcentaje de voltaje primario requerido para hacer circular en el secundario la corriente a plena carga, cuando el secundario está en cortocircuito. Para cualquier transformador la potencia de cortocircuito está dada por la siguiente expresión y es independiente de los voltajes del transformador

$$KVA_{equivalentes} = KVA_{Transformador} / \frac{\%Z}{100} \quad (9)$$



Los kva's equivalentes de los cables se calculan de la siguiente manera, donde cada calibre y configuración de cable tiene características de impedancia únicas que se encuentran en el NEC. La fórmula que se utiliza para calcular la potencia es la siguiente:

$$KVA \text{ equivalentes} = (1\ 000 * KV \text{ de línea}^2)/Z \quad (10)$$

## Capítulo III

### **3.1.Diseño eléctrico estado actual**

El edificio de la Colmena actualmente no cuenta con una instalación eléctrica que permita instalar equipos con tecnología a la vanguardia, lo cual provoca una disminución en el nivel de confort de los empleados, así mismo la instalación eléctrica actual no cuenta con los requerimientos mínimos para proteger los inmuebles, los equipos y el personal de la empresa. Los requerimientos del cliente solicitan un sistema eléctrico que tenga capacidad de ampliación a futuro, se desea un sistema que tenga las previstas necesarias para cumplir según el crecimiento de la empresa y se espera que dichas ampliaciones no involucren cambios drásticos en la infraestructura del edificio. Se desea suficiente capacidad en el transformador de voltaje y en los generadores de emergencia, lo cual conlleva un diseño de transferencias automáticas, acometidas de distribución y centros de carga instalados en cada piso del edificio. Sumado a esto se requiere de un sistema eléctrico confiable capaz de funcionar las 24 horas durante los 365 días del año, el sistema debe tener una protección que garantice que en caso de falla o falta de flujo eléctrico, las cargas críticas del edificio permanezcan funcionando.

El sistema eléctrico actual está diseñado para poseer 8 tableros de distribución principales, 6 de los cuales son para la distribución de las cargas en cada piso y dos tableros son utilizados para alimentar las cargas de uso común. El sistema de medición de la C.N.F.L está compuesto por siete medidores de distintas capacidades, esto porque las cargas de uso común se conectan a un único sistema de medición. El resumen de cargas del sistema original se resume a continuación:

Tabla 4. Resumen de cargas del sistema original.

<b>RESUMEN DE CARGAS</b>					
TABLERO	CARGA TOTAL (W)	Id(A)	Ia(A)	Ib(A)	Ic(A)
S2	52190	154	106	178	178
P1	36950	163		163	164
P2	36950	163	163		164
P3	36950	163	163		164
P4	36950	163	163		164
P5	119230	528	526	529	
P6	63535	281		280	283
<b>TOTALES</b>	<b>382755</b>		<b>1121</b>	<b>1150</b>	<b>1117</b>

LA CONEXION DE LOS TABLEROS A LAS DIFERENTES FASES SE HARAN DE ACUERDO CON LO INDICADO EN ESTE CUADRO  
 Ej:  
 DE LA FASE "C" SE ALIMENTARAN LOS POLOS "B" DE TODOS LOS TABLEROS SALVO EL TABLERO P5  
 DE LA FASE "A" SE ALIMENTARAN LOS POLOS "A" DE TODOS LOS TABLEROS SALVO EL TABLERO P1 Y P6 QUE SE ALIMENTARAN DE LA FASE "B"  
 EL POLO "B" DEL TABLERO P5 SE ALIMENTARA DE LA FASE "B"

Fuente: Información del registro público N catastro SJ-617800-2000

En los que respecta a la capacidad y el tipo del transformador el diseño original posee un transformador tipo pedestal Pad Mountain con una capacidad de 400 KVA con un voltaje de 34,5/19,9 KVca en el primario y 120/208 Vca en el secundario. El calibre de los cables en el lado secundario del transformador es de 3x3x#350 MCM para el neutro y 3x1x#3/0 AWG para la tierra, los cuales alimentan un interruptor principal de 1 200 Amperios.

En el caso del módulo de medición este está diseñado para 7 medidores con disyuntor termomagnético principal de 1200 Amperios y barras de 1 200 amperios, los medidores tienen diferentes capacidades siendo: 5 medidores de 225 Amperios para las áreas comunes y los pisos del #1 al #4, 1 medidor de 600 Amperios para el piso #5 y 1 medidor de 400 amperios para el piso #6.

Los calibres de las acometidas de los tableros de distribución principal se conforman como se describe, ya que en el unifilar que se mostrará a continuación no se logra observar de manera clara al escanearse los documentos:

- Área común: Para el tablero S2 2x3x#2 AWG para las fases, 1x1x#2 AWG para el neutro y 1x1x#4 para la tierra. Para el tablero S1 1x3x#2 AWG para las fases, 1x1x#4 AWG para el neutro y 1x1x#8 para la tierra.
- Pisos # 1 al 4: 2x3x#2 AWG para las fases, 1x1x#2 AWG para el neutro y 1x1x#4 AWG para la tierra.
- Piso # 5: 4x3x#300 MCM para las fases, 1x1x#300 MCM para el neutro y 1x1x#3/0 AWG para la tierra.
- Piso # 6: 4x3x#2/0 AWG para las fases, 1x1x#2/0 AWG para el neutro y 1x1x#1/0 AWG para la tierra.

A continuación, se muestran las memorias de los planos antiguos que se lograron rescatar a pesar de lo deteriorados que se encuentran, se escanearon y digitalizaron para dejar una evidencia de los cambios y mejoras que se han realizado a lo largo del tiempo en el edificio la Colmena, así como para colaborar con el departamento de mantenimiento del edificio en el levantamiento eléctrico y conocimiento del sistema antiguo.

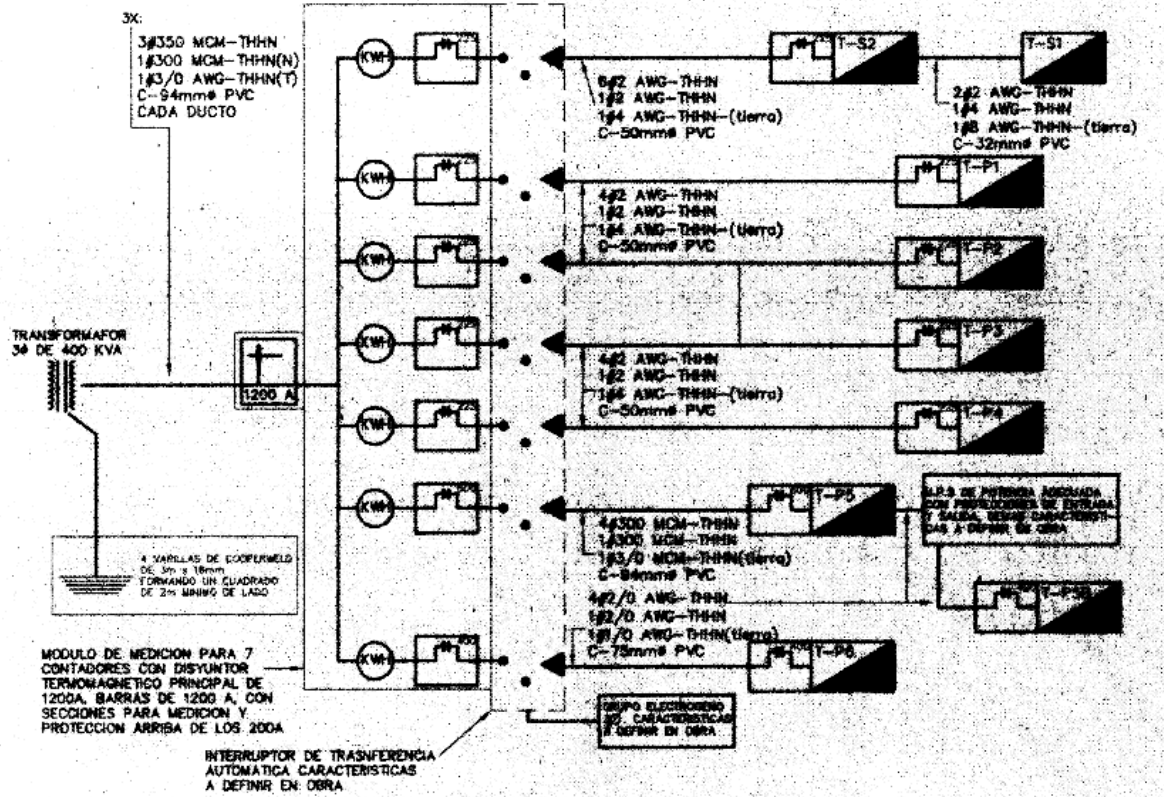


Figura 6. Unifilar eléctrico del sistema actual.

Fuente: Información del registro público N catastro SJ-617800-2000

### 3.2.Diseño del sistema de iluminación

A continuación se procede con la determinación del número de luminarias, así como la localización de estas en el área, con este fin de lograr y garantizar los valores ideales de iluminación basados en INTE/ISO 8995-1:2016 y con la ayuda del software DIALux. Los pasos para realizar el diseño de la iluminación consisten en determinar el tipo de trabajo que se desarrollará en el local, esto servirá para determinar la calidad y cantidad de luz que se necesita, debe, además, determinar que fuente luminosa deberá usarse, determinar las características físicas y operacionales del área y como se usará, lo cual incluye las dimensiones del local, los valores de reflectancia, localización del plano de trabajo y las

características operacionales, tales como: horas diarias y anuales de uso del sistema que en este caso será de 24 horas, 7 días a la semana como se indicó anteriormente.

Finalmente se debe seleccionar las luminarias que se van a utilizar basados la norma, el nivel de confort de los trabajadores y los costos en que se deben incurrir al realizar un cambio de sistema de iluminación. Una vez realizados estos análisis se procede con la ayuda de los planos arquitectónicos existentes del edificio, a realizar el modelado en 3D en el software DIALux de las superficies, paredes, ventanas y techos, estos elementos aportarán diversos factores e influirán en la selección de las luminarias a instalar.

A continuación, se presentan los detalles de los planos arquitectónicos, así como imágenes del modelado que se ha realizado en el software, finalmente, se enumeran las cantidades de luminarias seleccionadas y los modelos de las mismas, así como una imagen tipo termografía, la cual indica los valores de iluminación en lux para los diferentes niveles.

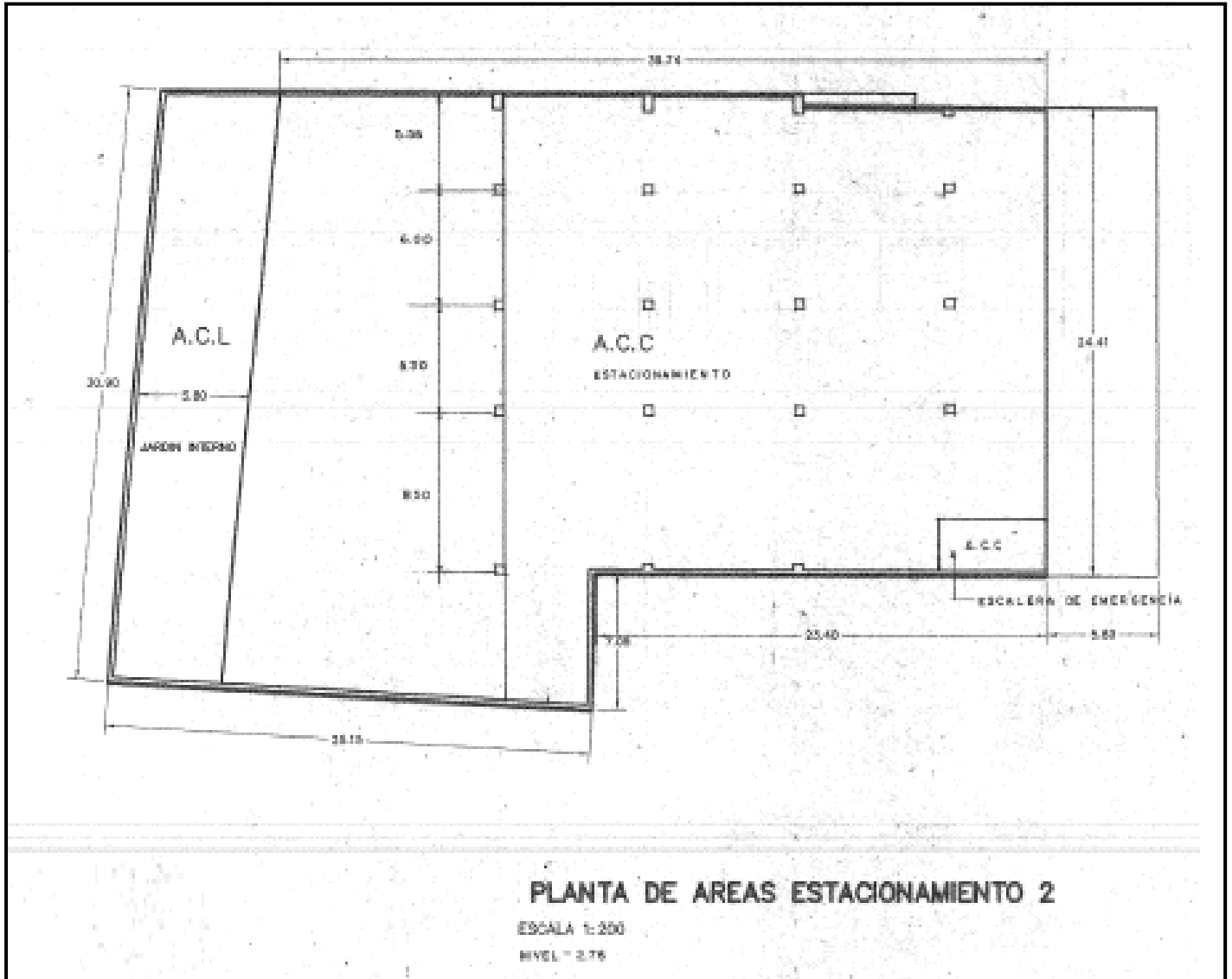


Figura 7. Planta de áreas de estacionamiento.  
 Fuente: Información del registro público N catastro SJ-617800-2000





Figura 8. Vistas generales de estacionamiento 1.

*Fuente: Generación propia, Software DIALux*

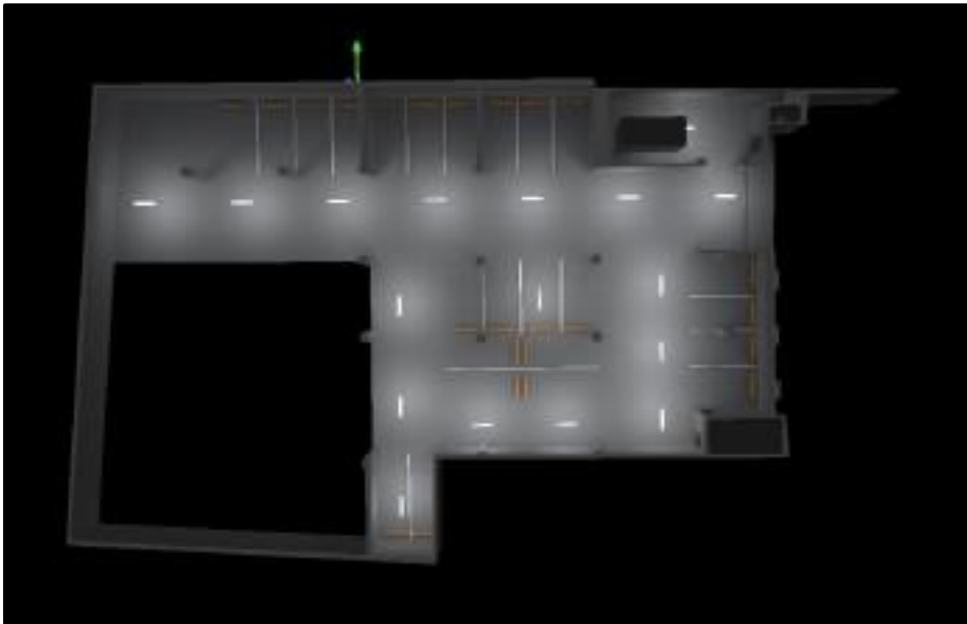


Figura 9. Vistas generales de estacionamiento 2.

*Fuente: Generación propia, Software DIALux*

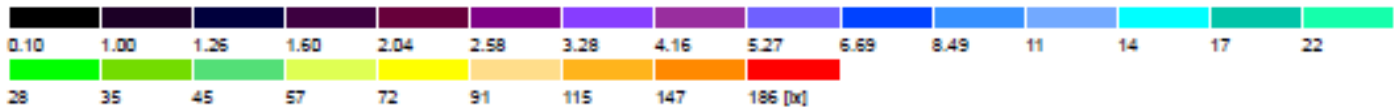
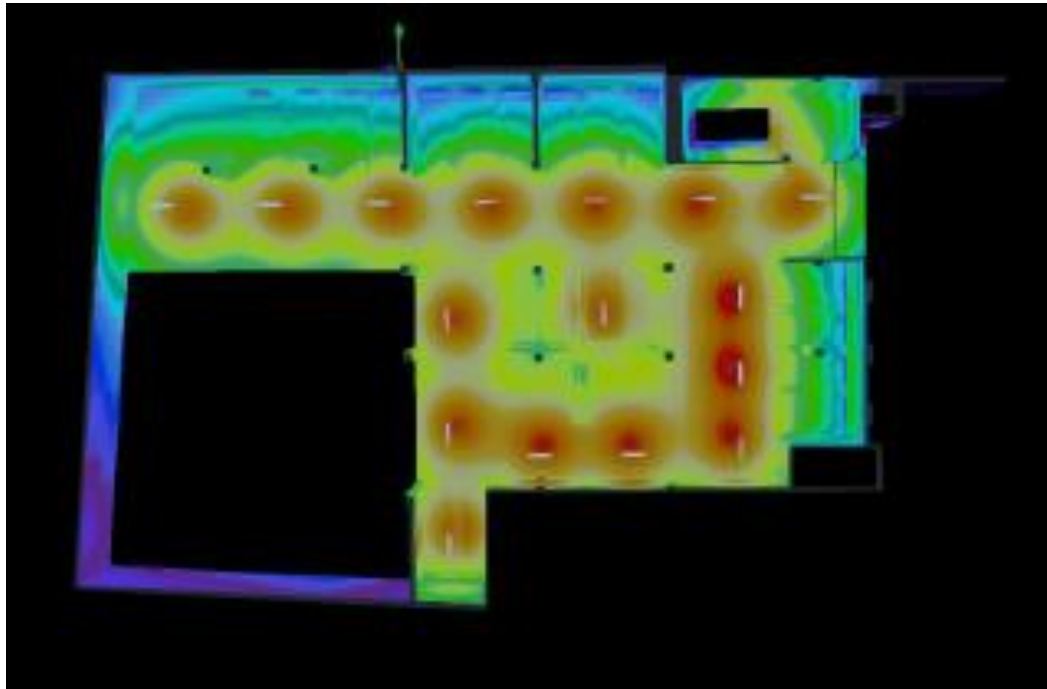


Figura 10. Valores de iluminancia en Lux de áreas de estacionamiento  
*Fuente: Generación propia, Software DIALux*

Quantity	Luminaire (Luminous emittance)		
49	FEILO - UL 705 LED 48 2 4740 lm 36W Dif 5 Pend TL De Sobreponer o Colgar/ Iluminacion General Luminous emittance 1 Fitting: 2xSMD Absolute photometry Luminaire luminous flux: 4742 lm Power: 36.0 W Luminous efficacy: 131.7 lm/W  Colorimetric data 2x: CCT 3000 K, CRI 100	See our luminaire catalog for an image of the luminaire.	

Figura 11. Luminarias seleccionadas para áreas de estacionamiento.

*Fuente: Generación propia, Software DIALux.*

En el caso de los niveles de parqueo se ha seleccionado una luminaria FEILO-UL 705 LED 48-2; 4740 lm y 36 W y una eficiencia luminosa de 131,7 lm/W en 2x 3 000 K, CRI 100, la

cual como se muestra en la figura de valores de Lux en el área de estacionamientos da 186 Lux y un promedio de 147 Lux donde se colocan la mayoría de las luminarias, como se puede observar las zonas en los colores verde y azul con valores de 30 Lux y 6,69 Lux respectivamente tienen los niveles de luz son más bajos, esto se debe a que por recomendaciones del fabricante y de ahorro energético no se iluminan las zonas donde los carros quedan casi cubiertos en su totalidad. Los valores seleccionados cumplen con lo estipulado en la normativa costarricense en cuanto a los parámetros descritos en la sección del marco teórico para el tipo de edificación correspondiente y se adecuan a las condiciones que ha solicitado el arquitecto, el cliente y lo recomendado por el fabricante de las luminarias: Sylvania en este proyecto.

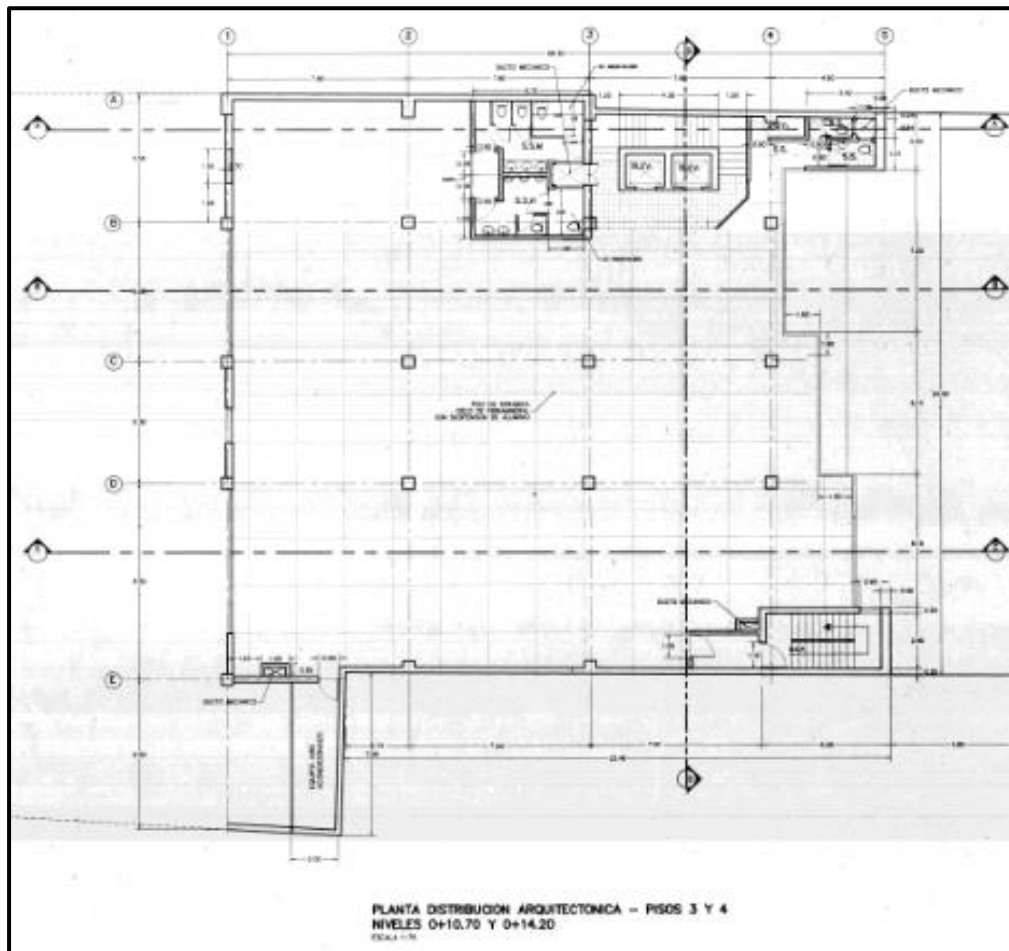


Figura 12. Planta de áreas de pisos 1-2-3- 4-5-6.  
*Fuente: Información del registro público N catastro SJ-617800-2000*



Figura 13. Vistas generales 1 de pisos 1-2-3- 4-5-6.  
*Fuente: Generación propia, Software DIALux*



Figura 14. Vistas generales 2 de pisos 1-2-3- 4-5-6.  
*Fuente: Generación propia, Software DIALux*

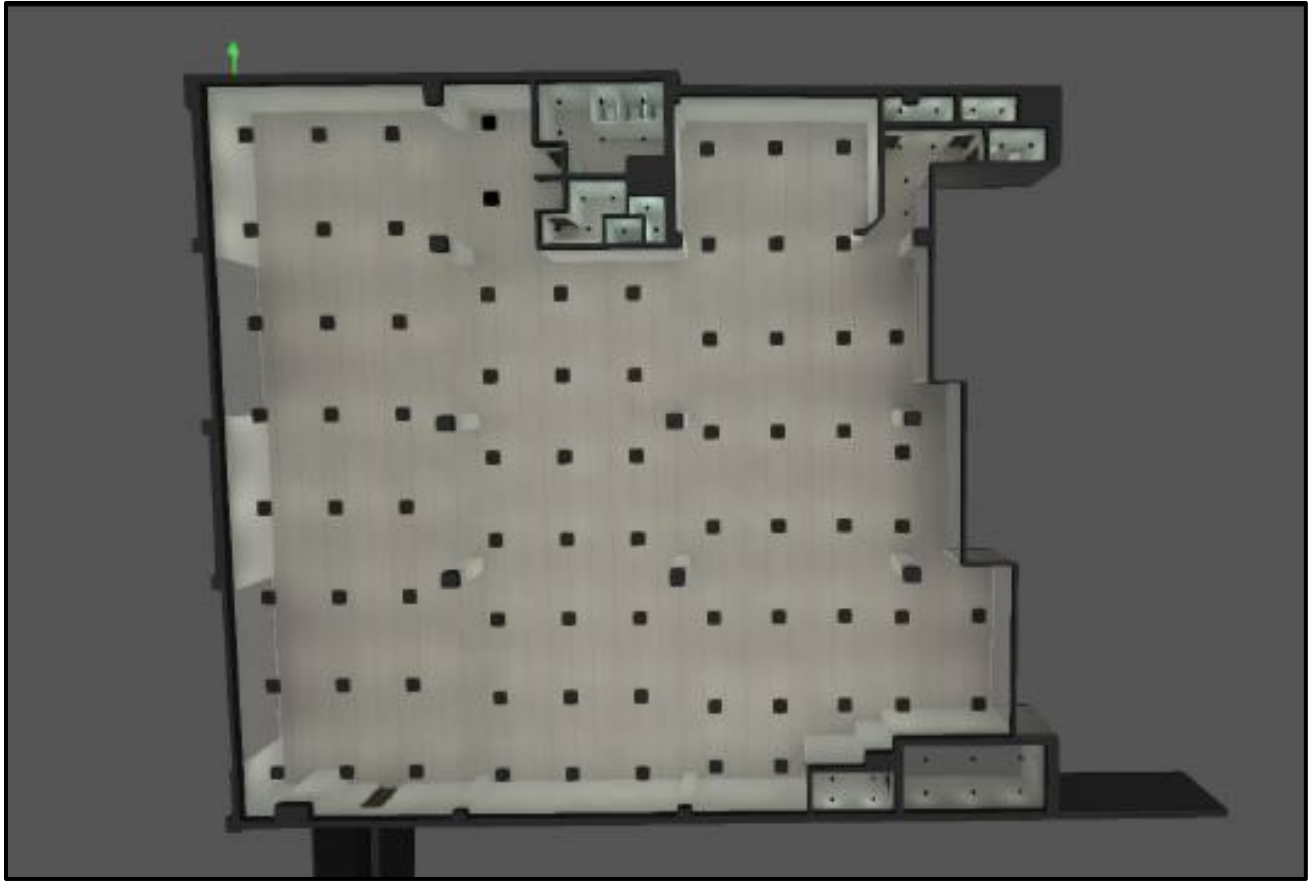


Figura 15 Distribución de luminarias de pisos 1-2-3- 4-5-6.  
*Fuente: Generación propia, Software DIALux.*

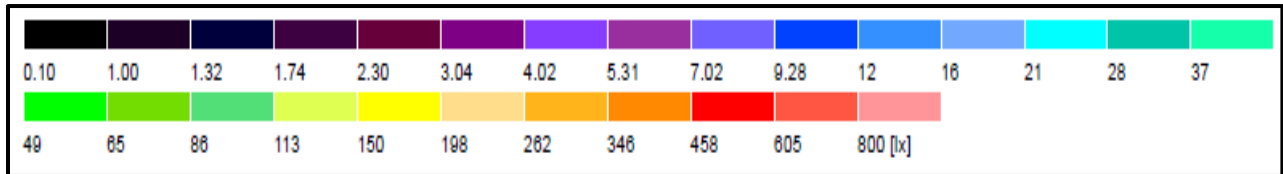


Figura 16. Valores de iluminancia 1 en lx de pisos 1-2-3- 4-5-6.  
*Fuente: Generación propia, Software DIALux*



Figura 17. Distribución de luminarias de pisos 1-2-3- 4-5-6.  
*Fuente: Generación propia, Software DIALux*

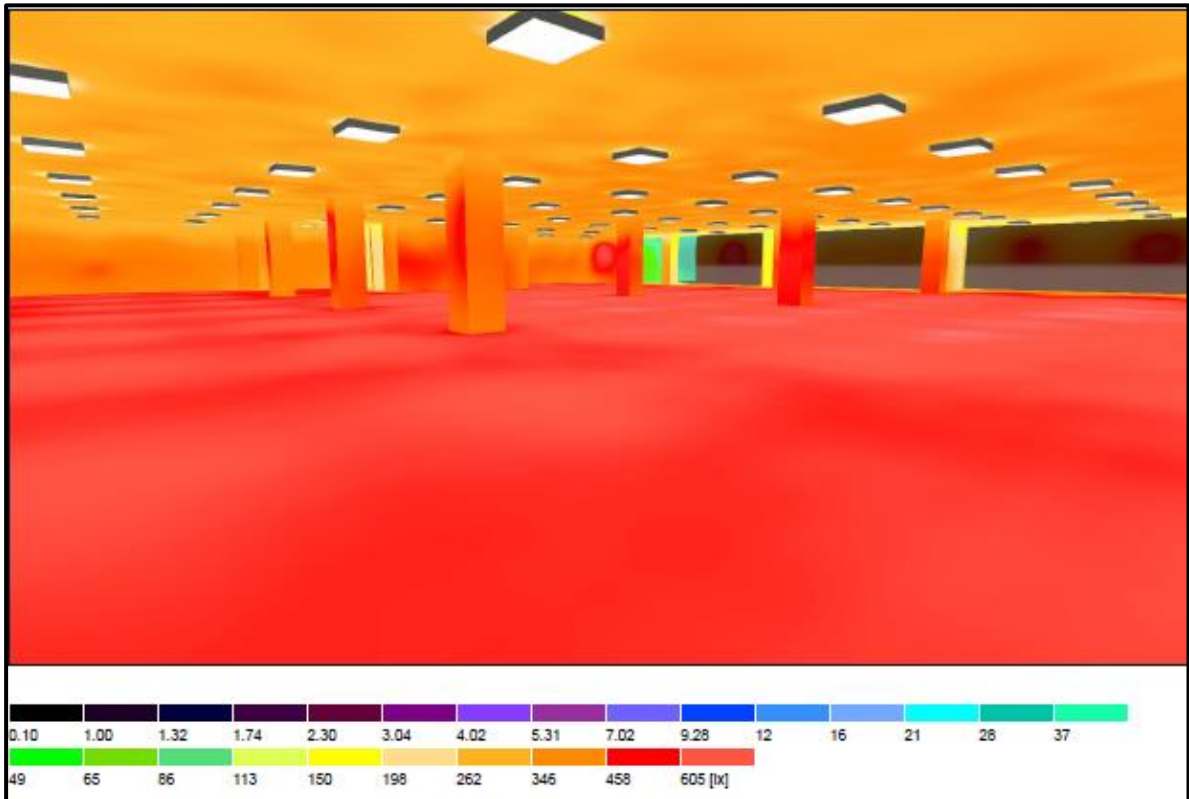


Figura 18. Valores de iluminancia 2 en lx de pisos 1-2-3- 4-5-6.  
*Fuente: Generación propia, Software DIALux*

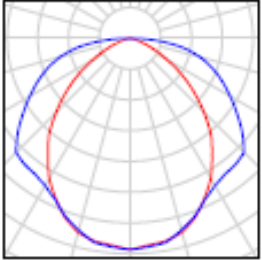
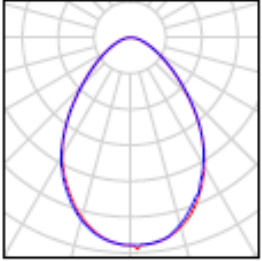
COLMENA		
Quantity	Luminaire (Luminous emittance)	
77	FEILO - UL Rubico Vell 2x2 2 4820 lm 42W Dif 10 Emp TL De Empotrar/ Iluminacion General Luminous emittance 1 Fitting: 2xSMD Absolute photometry Luminaire luminous flux: 4824 lm Power: 42.0 W Luminous efficacy: 114.8 lm/W  Colorimetric data 2x: CCT 3000 K, CRI 100	 <p>See our luminaire catalog for an image of the luminaire.</p>
34	HAVELLS SYLVANIA S.A. - SYL LIGHTER 15W 4000K Luminous emittance 1 Fitting: 1xLED Light output ratio: 98.45% Lamp luminous flux: 1200 lm Luminaire luminous flux: 1182 lm Power: 15.4 W Luminous efficacy: 76.7 lm/W  Colorimetric data 1x: CCT 3000 K, CRI 100	 <p>See our luminaire catalog for an image of the luminaire.</p>

Figura 19. Luminarias seleccionadas para pisos 1-2-3- 4-5-6.  
 Fuente: Generación propia, Software DIALux

Para los pisos 1-2-3- 4-5 y 6 se han seleccionado dos tipos de luminarias, estas dependen del recinto donde están instaladas y del grado de iluminación que generan en cada zona. Los niveles 1-2-3- 4-5 y 6 son copias a nivel de diseño arquitectónico, por ende, se utilizará el mismo modelo de iluminación en estos niveles. Se ha seleccionado una luminaria FEILO Rubico Vell de 2x2 en 4 820 lm, 42 W y una eficiencia luminosa de 114,8 lm/W en 2x 3000K CRI 100, lo cual como se muestra en la figura de valores de Lux en el área de los pisos da un valor de 346 lx en techos y paredes y un 458 Lux y 605 Lux en los pisos. Además, se utilizará una luminaria HAVELLS SYLVANIA-SYL LIGHTER de 15 W, 4 000 K, 1 200 lm y una eficiencia luminosa de 76.7 lm/W en Lux: 3000K, CRI 100. Los valores seleccionados cumplen con lo estipulado en la normativa costarricense en cuanto a los parámetros descritos en la sección del marco teórico para el tipo de edificación correspondiente y se adecuan a las



condiciones que ha solicitado el arquitecto, el cliente y lo recomendado por el fabricante de las luminarias: Sylvania en este proyecto.

### **3.3. Resumen total de cargas del sistema propuesto**

#### **3.3.1. La carga total del sistema normal**

La capacidad eléctrica del sistema normal del edificio es determinada por aquellas cargas que no requieren permanecer funcionando en los momentos en que se presente una falla en el suministro eléctrico por parte de la CNFL. La escogencia de las cargas se realizó con base en reuniones con los encargados del proyecto y el sentido común por utilidades de los equipos. Las salidas eléctricas del sistema serán la iluminación general, excepto la de áreas comunes, tomacorrientes generales y salidas especiales.

El sistema de iluminación estará constituido por la distribución de luminarias presentada en secciones anteriores donde para el sistema normal de iluminación se tiene una carga total de 1 504 VA por piso y un total de 2 circuitos.

El sistema de tomacorrientes se encuentra distribuido en 3 circuitos de tomacorrientes distribuido de forma que se logren equilibrar las cargas de cada una de las fases del tablero. Los tomacorrientes físicamente se encuentran distribuidos a lo largo de todos los pisos y se incluyen además los 2 circuitos para secador de manos por conectar. En el caso de los espacios 10 y 20 se tomaron como libres, para conectar cargas a futuro.

#### **3.3.2. Total de cargas críticas**

La capacidad eléctrica del sistema de emergencia del edificio está determinada por aquellas cargas que requieren permanecer en funcionamiento en los momentos que se realice un corto del fluido eléctrico por parte de la CNFL. Para lograr esta aplicación las cargas deben estar incorporadas al tablero que se encuentra a su vez alimentado por dos generadores de

emergencia o como son conocidos, grupos electrógenos. De igual forma que las cargas normales, éstas se seleccionaron en reuniones con los encargados del proyecto y el sentido común, las salidas eléctricas del sistema serán la iluminación general, iluminación de áreas comunes, tomacorrientes generales y salidas especiales.

El sistema de iluminación estará constituido por la distribución de luminarias presentada en secciones anteriores donde para el sistema normal de iluminación se tiene una carga total de 2 256 VA por piso y un total de 3 circuitos.

El sistema de tomacorrientes se encuentra distribuido en 9 circuitos de tomacorrientes con 6 tomacorrientes cada uno, distribuido de forma que se logren equilibrar las cargas de cada una de las fases del tablero. Los tomacorrientes físicamente se encuentran distribuidos a lo largo de todos los pisos y se incluyen además los 2 circuitos para UPS a conectar. En el caso de los espacios 17 y 20 se tomaron como libres, para conectar cargas a futuro.

### **3.3.3. Carga total del sistema de aires acondicionados**

La carga total del sistema de A/A a instalar en cada uno de los pisos corresponde a 6 equipos de A/C, los mismos tienen una capacidad requerida de 48750 W entre todos, dichos equipo según la información suministrada por el cliente son de 7 toneladas de refrigeración, con un MOCP (Máxima protección de sobrecorriente):60 A y dos polos. Adicionalmente se le colocan cerca de los equipos de Aire Acondicionado interruptores de seguridad de 60 Amperios NEMA 3R sin portafusiles con la idea de poder desconectar los equipos y hacer mantenimientos requeridos.

### **3.3.4. Carga total del sistema de áreas comunes**

El sistema de iluminación estará constituido por la distribución de luminarias presentada en secciones anteriores donde para el sistema de estacionamiento se tiene una carga total de

1764 VA y un total de 5 circuitos. Los vestíbulos contienen luminarias incandescentes dando una carga de 1 500 W. Las gradas de emergencia contienen luminarias incandescentes dando una carga de 1600 W. Las zonas de montaje de A/A igualmente cuentan con luminarias incandescentes dando una carga total de 1 600 Watts. La zona de calles y rampa de parqueos: la capacidad fue definida en 3895 Watts totales para dichas cargas. La fachada de edificio: la capacidad fue definida en 2000 Watts totales para dichas cargas.

La capacidad definida para los tomacorrientes dobles polarizados, distribuidos en la zona de uso común es de  $P = 4650$  Watts totales. El edificio contará con dos ascensores con una capacidad de  $P = 12\ 000$  Watts c/u, dándonos un total de  $P = 24\ 000$  Watts en total. El edificio contará con dos bombas para uso del sistema de aguas, con una capacidad de  $P = 3750$  Watts c/u, dándonos un total de  $P = 7\ 500$  Watts en total y la capacidad del motor para el portón principal es de  $P = 750$  Watts totales.

### **3.3.5. Resumen de cargas del edificio**

Primeramente y siendo un elemento clave en este diseño se debe aclarar que se va a considerar que la carga demandada será igual a la carga total instalada, esto se debe que el cliente lo solicitó así expresamente debido a que tres días a la semana se requiere que todo el personal de la compañía esté disponible de ser necesario 24 horas. Además, como se menciona en sección 220,42 los factores de demanda para los circuitos de iluminación ya tienen un valor asignado dado en la tabla 220.42 donde debido al tipo de ocupación se requiere un 100% de factor de demanda. Además, como se observe en la sección 220.51 las cargas para calefacción eléctrica fija de ambiente se deben calcular al 100% de la carga total conectada. Lo cual significa que para tranquilidad del cliente se considerará dejar de lado

cualquier inconveniente por falta de capacidad eléctrica en edificio. Así la capacidad eléctrica aproximada que demandará el edificio será:

Tabla 5. Resumen total de cargas del sistema 120/208 V propuesto.

<b>TABLA A</b>				
<b>Proyectos con transformador</b>				
<b>TABLA RESUMEN DEL PROYECTO</b>				
	<b>Transformador</b>	<b>Tablero Emergencia por piso (6)</b>	<b>Tablero Normal por piso (6)</b>	<b>Tablero A/C (4)</b>
<b>KVA</b>	500			
<b>%Z</b>	5.5			
<b>Fases</b>	3			
<b>Corriente de corto cto(KA)</b>	18.3			
<b>KVA Totales</b>	602.94	51.49	16.50	48.75
<b>KVA demandados</b>	482.35	41.19	13.20	39.00
<b>Factor de demanda</b>	0.8	0.8	0.8	0.8
<b>Factor de potencia</b>	0.98	0.98	0.98	0.98
<b>Acometida</b>				
<b>Fases</b>	5x3x400MCM	2/0 THHN	2 THHN	2/0 THHN
<b>Neutro</b>	5X1X400MCM	2/0 THHN	2 THHN	2/0 THHN
<b>Tierra</b>	5X1X250 MCM	4 THHN	4 THHN	4 THHN
<b>Longitud más extensa (m)</b>	15	50	52	54
<b>Voltaje</b>	208	208	208	208
<b>% Caída de voltaje</b>	0.865	0.881	0.587	0.901

Fuente: Generación propia.

Del resumen de cargas es posible determinar la capacidad del transformador necesario para proveer la energía eléctrica al edificio. Como inicialmente se establecía en las cláusulas originales del contrato de compra del edificio el montaje y la instalación de un transformador de pedestal trifásico de 500 KVA, luego de analizar la capacidad requerida y el equipo mencionado, se llega a la conclusión de que es necesario utilizar el transformador adquirido y alcanzar la potencia necesaria, por ende, se concluye que se debe instalar un transformador trifásico adicional de 500 KVA.

### **3.3.6. Equipos a instalar**

Con el fin de determinar los equipos a instalar en el edificio que cumplan con los requerimientos mínimos, se debe encontrar el valor de la corriente en amperios que requiere cada uno de los sistemas de los pisos. Este valor se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V_L \cos\theta} \quad (11)$$

Donde la potencia depende del resumen de cargas y el voltaje es 208 V.

Para el caso del sistema de uso general consumirá 46 Amperios por fase. El sistema de Emergencia (Call Center) se consumirá 145 amperio por fase. El sistema de Emergencia (Piso de Telecomunicaciones) se consumirá 175 amperios por fase. El sistema de Aire Acondicionado se consumirá 135 amperio por fase. Es necesario también estimar la corriente capaz de brindar el secundario del transformador, se obtiene empleando la misma fórmula anterior, por lo que se encuentra que la corriente capaz de brindar 2 transformadores de pedestal en paralelo es de 2775 amperios.

### **3.3.7. Interruptor principal**

El interruptor principal se instalará en la entrada del edificio, recibiendo la acometida del secundario del transformador, será del tipo Tie Breaker, este equipo posee la capacidad de recibir dos alimentaciones eléctricas por separado y a la salida, se puede ya sea dar las alimentaciones por separado o unificarlas en cualquiera de las entradas independientes.

### **3.3.8. El módulo de medidores**

Con el fin de realizar una adecuada medición del consumo eléctrico de cada uno de los sistemas, es necesario realizar la medición por separado de cada piso y de cada sistema eléctrico. Al tener dos alimentaciones separadas, es necesario realizar el montaje de dos

módulos de medición, con barras de 1200 Amperios y 6 secciones de medición con espacio para 4 previstas cada uno, a fin de separar cada sistema eléctrico se requieren 19 medidores, por lo que se tiene la cantidad de 5 previstas libres a futuro.

Para los sistemas de uso común se utilizarán medidores clase 125 de la marca S-D y para los sistemas de emergencia y aire acondicionado se utilizarán medidores clase 200, estos valores son rangos estandarizados el fabricante de los equipos y es necesario amoldarlo a las necesidades de cada uno de los diseños.

### **3.3.9. Transferencias automáticas**

Las transferencias automáticas se utilizan para realizar el cambio del suministro de energía eléctrica, en los sistemas protegidos con respaldo de los generadores de emergencia, para este caso es necesario realizar el montaje y la instalación de 7 transferencias automáticas con capacidad de 200 Amperios cada una.

### **3.3.10. Generador**

Este es el equipo destinado a funcionar y brindar energía eléctrica a las cargas conectadas al mismo en los momentos en que ocurre una falla en la red y no hay suministro de flujo eléctrico por parte de la CNFL. Para este caso en particular el sistema de emergencia debe poseer las siguientes características: Debe ser insonoro, es decir que debe contar con un cobertor que reduzca la cantidad de decibeles de ruido generador, además debe tener un cobertor para intemperie para que proteja al equipo de las inclemencias del clima, debe poseer una mufla que permita el escape de los gases lejos del sector de las oficinas, un arranque automático con controlador digital que permita la variación de los rangos variables del generador como lo son el voltaje y la frecuencia de una manera exacta.

La capacidad del grupo electrógeno se obtiene de la tabla resumen de la carga del edificio donde se aprecia que se requieren 358 KVA para llevar la carga de cargas críticas por lo que al analizar las capacidades y precios de los equipos que se encuentran en el mercado nacional se determinó instalar un equipo de 500 KVA.

#### **3.3.11. Tablero principal de emergencia**

El tablero principal de emergencia debe distribuir la corriente eléctrica a cada una de las transferencias automáticas, por lo que debe poseer un interruptor principal de 1600 Amperios y siete ramales de 200 Amperios cada uno con el fin de alimentar las transferencias automáticas.

#### **3.3.12. Tableros de distribución**

Los tableros se han diseñado acorde a los estándares que se encuentran en el mercado nacional, así como cumpliendo con todo lo estipulado en el código eléctrico, de manera que se cumpla con las necesidades del diseño eléctrico.

- Cada piso del edificio contará con un tablero de uso general de 125 Amperios y 20 espacios, NEMA 1.
- Cada piso de Call Center del edificio contará con un tablero de aire acondicionado de 225 Amperios y 30 espacios, NEMA 1.
- Cada piso de Call Center del edificio contará con un tablero de emergencia 200 Amperios y 20 espacios, NEMA 1.
- Cada piso de Call Center del edificio contará con un tablero para el sistema UPS de 200 Amperios y 42 espacios, NEMA 1.

- Para las áreas comunes se contará con un tablero de 225 Amperios y 30 espacios, NEMA 1.

### **3.3.13. Calibre de acometidas**

El cálculo del calibre del conductor de las acometidas eléctricas necesarias para cada uno de los sistemas se realizó utilizando las tablas 310-16 y la 310-17 del código eléctrico nacional, así como calculando los % de caída de tensión para cada segmento del circuito y considerando las secciones del código eléctrico antes mencionadas para el diseño de alimentadores.

La acometida del secundario del transformador se conformará de los siguientes calibres y números de conductores: 5x3x#400 MCM para las fases, 5x1x#400 MCM para el neutro y 5x1x#4/0 para la tierra. Donde por el grosor de los cables se hace más sencillo colocar una acometida en paralelo de 5 hilos dimensionada con la ayuda de la tabla 310-16, así como también el conductor de puesta a tierra se elige acorde a la tabla 250-95 del calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra del NEC 2014.

La acometida para los pisos de oficinas se conformará de los siguientes calibres y números de conductores:

- Sistema de uso general: 1x3x#2 AWG para las fases, 1x1x#2 AWG para el neutro y 1x1x#4 AWG para la tierra.
- Sistema de emergencia 1x3x#3/0 AWG para las fases, 1x1x#3/0 AWG para el neutro y 1x1x#1/0 AWG para la tierra.
- Sistema de aire acondicionado 1x3x#2/0 AWG para las fases, 1x1x#2/0 AWG para el neutro y 1x1x#2 AWG para la tierra.



- La acometida para el área se conformará de los siguientes calibres y números de conductores: 1x3x#4/0 AWG para las fases, 1x1x#4/0 AWG para el neutro y 1x1x#2/0 AWG para la tierra.

#### **3.3.14. Diseño de cortocircuito**

Para realizar el método de los KVA se necesita conocer el circuito, toda su estructura y los componentes que lo integran, cuando se ha definido, se debe caracterizar en términos de valores de aporte de cortocircuito, dependiendo de las combinaciones en serie y paralelo que se realicen. Con el fin de mostrar el procedimiento de cálculo se trabajará con el circuito del edificio que se muestra a continuación, los detalles de este, se irán mostrando con el avance en el procedimiento.

En el diagrama se muestra la entrada de corriente al edificio por parte de la CNFL, donde se tiene un valor de voltaje de entrada 34.5 KV y una corriente de corto circuito de la compañía de 3.8 KA, dato que se obtuvo gracias al ingeniero a cargo de la edificación quién anteriormente lo había solicitado a la CNFL.

Se muestra además un transformador de 500 KVA y aguas abajo de este, se encuentran alimentados los tableros eléctricos normales, tableros eléctricos de Aire Acondicionado y los tableros eléctricos de emergencia de cada uno de los 6 pisos del edificio. Además, mediante transferencias automáticas (que no se muestran en la imagen) los tableros eléctricos de emergencia de los 6 pisos se encuentran además alimentados por un generador de 500 KVA.

Tabla 6. Resumen de calibres. Reactancias, distancias, cargas de tableros, cables y sumas de elementos en serie.

Alimentador	Calibre (AWG)	Reactancia ( $\Omega$ /ft)	Distancia(ft)	Carga (VA)	Cables (KVA)	Suma serie (KVA)
TN-P1	2	0.196	109	16504	2.692	16.403
TAA-P1	2/0	0.101	109	48750	5.232	48.299
TE-P1	2/0	0.101	109	51486	5.232	50.980
TN-P2	2	0.196	119	16504	2.460	15.470
TAA-P2	2/0	0.101	119	48750	4.792	48.259
TE-P2	2/0	0.101	119	51486	4.792	50.940
TN-P3	2	0.196	128	16504	2.293	16.386
TAA-P3	2/0	0.101	128	48750	4.455	48.220
TE-P3	2/0	0.101	128	51486	4.455	50.897
TN-P4	2	0.196	138	16504	2.126	16.491
TAA-P4	2/0	0.101	138	48750	4.133	48.693
TE-P4	2/0	0.101	138	51486	4.133	51.422
TN-P5	2	0.196	148	16504	1.983	16.490
TAA-P5	2/0	0.101	148	48750	3.853	48.140
TE-P5	2/0	0.101	148	51486	3.853	50.807
TN-P6	2	0.196	158	16504	1.857	16.358
TAA-P6	2/0	0.101	158	48750	3.609	48.100
TE-P6	2/0	0.101	158	51486	3.609	50.761
<b>SUMATORIA</b>						<b>693.116</b>
<b>SUMATORIA EMERGENCIA</b>						<b>305.807</b>

Fuente: Elaboración propia.

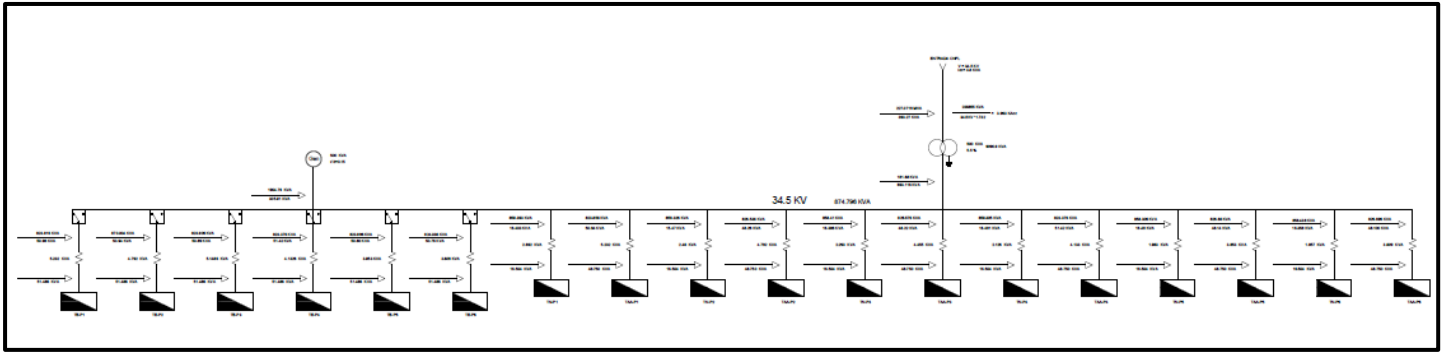


Figura 20. Diagrama unifilar de procesamiento para estudio de corto circuito

Fuente: Elaboración propia, AutoCAD

Una vez dibujado el unifilar y los elementos que participan en el estudio se tiene que los valores de KVA de todos los tableros con conocidos, esto debido a la fundamentación del método donde  $1\text{KVA}=1\text{KW}$ , según el libro del I módulo de diseño eléctrico del CIEMI para el método de los KVA. Teniendo esto presente, debe calcularse los valores de KVA de los cables que alimentan los respectivos tableros, esto se logra teniendo los valores de reactancia en ( $\Omega/\text{ft}$ ) y la distancia en ft, estos dos valores de cada uno de los alimentadores se deben colocar en la siguiente fórmula a fin de conocer los valores de potencia en KVA de los cables,

$$KVA_{equivalentes} = \frac{1000 * 0.24^2}{\Omega} * (\text{ft}/1000) \quad (12)$$

Una vez obtenidos los valores de KVA de los cables alimentadores de los tableros eléctricos y la potencia de estos últimos, se debe proceder a realizar el cálculo de la suma en serie de la potencia de los tableros y la potencia de los cables mediante la siguiente fórmula:

$$KVA_{totales} = 1 / \left\{ \left( \frac{1}{KVA_1} \right) + \left( \frac{1}{KVA_2} \right) + \dots + \left( \frac{1}{KVA_N} \right) \right\} \quad (13)$$

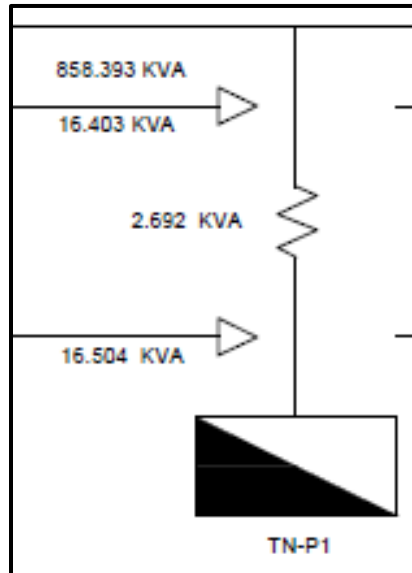


Figura 21. Diagrama tablero, cable y configuración en serie.

Fuente: Elaboración propia, AutoCAD

El ejemplo que se muestra incluye los KVA equivalentes del tablero normal del piso 1 que son 16.504 KVA, además se incluye el valor de los KVA equivalentes del cable 2 THHN para una distancia de 33 metros, dado que la reactancia del cable 2 THHN es 0,1963, se obtiene finalmente un valor de 2 692 KVA para el cable. Como se vió anteriormente una vez obtenidos estos valores se procede con la suma en serie de los valores de 16.504 KVA y 2 692 KVA, donde se obtiene finalmente un valor de 16 403 KVA.

El mismo procedimiento se realiza para todas las combinaciones: cable y tablero. Una vez que se conocen los valores de los KVA totales de todas las series del circuito y debido a la configuración mostrada en la figura anterior, se debe realizar una suma en paralelo de todos estos resultados mediante la siguiente ecuación:

$$KVA_{totales} = KVA_1 + KVA_2 + \dots + KVA_N \quad (14)$$

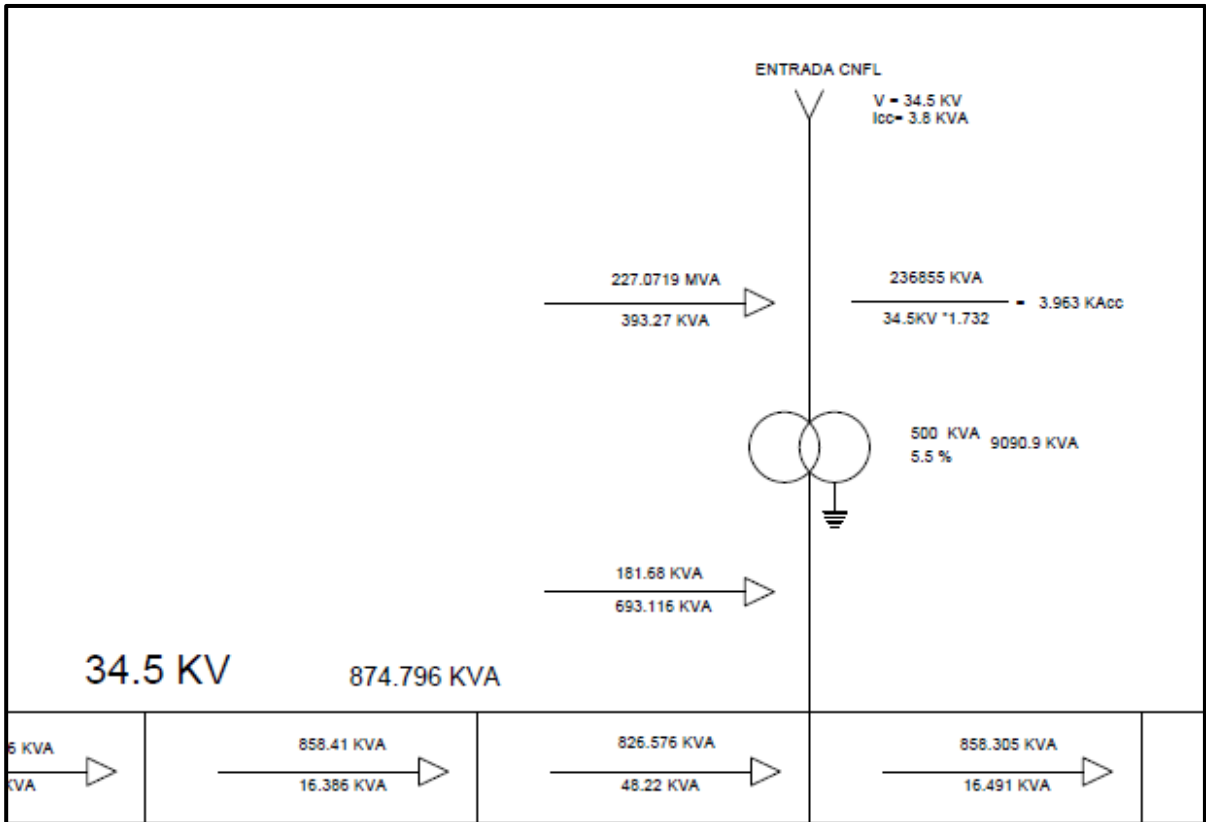


Figura 22. Diagrama alimentación CNFL, transformador y sumatoria en paralelo de tableros eléctricos.

*Fuente: Elaboración propia, AutoCAD*

El valor que se obtiene de todas las sumas en paralelo corresponde a 693 116 KVA, este valor de las cargas aguas abajo del circuito se mantiene como se muestra en la figura y a continuación se procede a calcular los KVA que entrega la compañía al sistema, este cálculo se realiza mediante la fórmula normal de potencia:

$$KVA_{CC} = \sqrt{3} * KV * I_{CC} \quad (15)$$

De la cual se obtiene un valor de 227.0719 MVA. El valor que se obtiene de la suma de todos los circuitos en paralelos (693.116 KVA), se debe sumar en serie con el valor de KVA del transformador (9090.9 KVA), el cual se obtuvo mediante la fórmula:

$$KVA_{equivalentes} = KVA_{Transformador} / \frac{\%Z}{100} \quad (16)$$

Una vez sumados estos valores, se suman con los de la red, dando un resultado de (236855 KVA), los cuales se dividen entre el voltaje suministrado por la compañía, multiplicado por la raíz de tres y así se obtiene un valor de (3.963 KA) de corto circuito para ese punto en específico.

En el caso de los tableros de emergencia estos se ven influenciados por el aporte del generador de 500 KVA. Primeramente, se realiza el cálculo de la serie entre el alimentador y los KVA de los tableros, estos últimos se suman en paralelo con las fórmulas anteriormente descritas y por último los KVA del generador se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$KVA_{equivalentes} = KVA_{generador} / X'' \quad (17)$$

Dando como resultado la parte del circuito y los valores que se muestran a continuación donde para el generador los KVA son 1904.76 y para el paralelo de los tableros el valor es de 305.81 KVA.

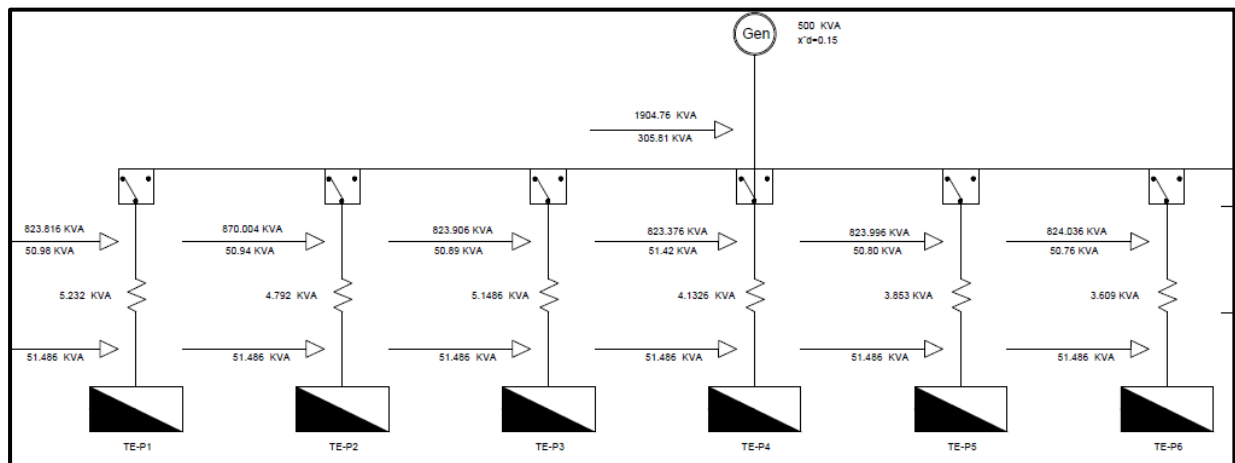


Figura 23. Diagrama de alimentación del generador y sumatoria en paralelo de tableros eléctricos

Fuente: Elaboración propia, AutoCAD

Con el fin de no caer en cálculos complejos y tomando como referencia el ejemplo descrito anteriormente, se han tabulado los valores para las diferentes características y datos que se necesitan, así como para todos los diferentes tableros eléctricos normales (TN), tableros eléctricos de Aire Acondicionado (TAA) y los tableros eléctricos de emergencia (TE) de los diferentes pisos (P1-P2-P3-P4-P5-P6).

### **3.3.15. Sistemas de emergencia**

Los sistemas de emergencia son circuitos o equipos que suministran energía alternativa a un número limitado de funciones determinadas vitales para la protección de la vida y la seguridad, por ejemplo, iluminación que provee salidas, bombas contra incendios, parlantes, altavoces, sistemas de alarmas y detección de incendios. Se debe hacer una coordinación del personal cuando se requiera una puesta fuera de servicio ordenada para minimizar riesgos al personal y al equipo.

### **3.3.16. Sistema de potencia ininterrumpida**

Este sistema se calcula acorde con las cargas eléctricas suministradas por el cliente mismas que fueron enlistadas en una reunión con el departamento de cómputo del edificio viendo cuales sistemas son necesarios para permitir el trabajo ininterrumpido de la empresa y así colocar UPS de respaldo. Para elegir los sistemas UPS a instalar es necesario tener una reunión previa con los distribuidores de los equipos, donde con base a el software que utilizan, el cuál es de uso exclusivo del departamento de ingeniería de la empresa distribuidora, se realiza un diseño adecuado y eficiente, incorporando los datos de los equipos a instalar el software calcula el tamaño del sistema UPS. Para este edificio en específico es necesario separar el sistema en dos, un sistema ininterrumpido a ubicar en el piso encargado

de controlar los sistemas de telecomunicaciones y otro equipo encargado de proteger las cargas de sistemas de cómputo, centrales telefónicas y servidores en cada piso del edificio.

Para el sistema administrador de las telecomunicaciones se debe rescatar que el edificio cuenta con un grupo de sistemas encargados de brindar la transmisión de datos y administrar las llamadas nacionales e internacionales, estos sistemas de telecomunicaciones se ubican en el quinto piso, ya que este ofrece una estratégica posición capaz de minimizar los gastos de cableado del sistema y como este sistema de telecomunicaciones es el cerebro del edificio, el sistema UPS debe ser capaz de proteger y brindar suficiente energía de respaldo, así como de brindar un porcentaje de ampliación, diseñado para soportar un crecimiento de carga y una capacidad de redundancia en el sistema de potencia y batería.

Recommended Solutions					
Model Number	360° View	Description	UPS Output Receptacle Number and Type	Run time based upon full UPS capacity	Run time based upon total load
-- On-Line UPS Products (recommended for mission critical equipment) --					
Project Criteria Summary					
Minimum UPS Topology: On-Line			Total VA:	42140	
SNMP Compatible: Y			Output Voltage:	120/208	
Rackmountable: Not Selected			Runtime:	10	
			Watts:	41750	
Supported Equipment					
Quantity	Manufacturer	Model	VA	Watts	Operating Voltage
2	Cisco	7606	5060	3800	208
3	Cisco	3620	180	180	120
6	Cisco	7206	3600	2220	120
4	Cisco	AS5300	1080	1600	208
30	Dell	Dimension 2100	4590	4350	120



5	Lucent	PacketStar PSAX 1250	2750	2000	120
20	Dell	PowerEdge 2550	6940	6600	120
30	Dell	PowerEdge 1650	8700	8250	120
70	Dell	PowerEdge 350	9240	8750	120
<b>Totals:</b>			<b>42140</b>	<b>37750</b>	
<b>Calculated Load Watts:</b>				<b>4000</b>	
<b>Total Load (Watts):</b>				<b>41750</b>	
<b>Future Expansion:</b>				<b>25%</b>	
<b>Total Load including Expansion (Watts):</b>				<b>53437.5</b>	

Figura 24. UPS recomendada 1.

Fuente: Software Liebert.

Para la protección del sistema de Call Center cada piso del edificio debe contar con un cuarto de servidores y un grupo de computadoras administradas por el departamento de telecomunicaciones mismo con el que en conjunto se enlistaron la cantidad de equipos destinados para las labores básicas de la empresa, estos equipos son muy importantes para el desarrollo de las actividades diarias de la empresa, es por esta razón que el sistema UPS a instalar debe ser capaz de proteger y brindar suficiente energía de respaldo, así como debe ser capaz de brindar el porcentaje de ampliación, donde este se ha diseñado para el 15%,

debido a características solicitadas por el cliente acorde a la carga a instalar y su experiencia en el negocio.

Supported Equipment					
Quantity	Manufacturer	Model	VA	Watts	Operating Voltage
200	Dell	Dimension 2100	30600	29000	120
10	Dell	Dimension 4100	2110	2000	120
8	HP	ProLiant BL10e e-Class	6000	4800	120
1	Cisco	7206	600	370	120
10	Cisco	2950G-12-EI	400	300	120
8	NEC	MultiSync LCD 1525X	864	824	120
1	Cisco	AS5300	270	400	208
<b>Totals:</b>			<b>40844</b>	<b>37694</b>	
			<b>Calculated Load Watts:</b>	<b>3000</b>	
			<b>Total Load (Watts):</b>	<b>40694</b>	
			<b>Future Expansion:</b>	<b>15%</b>	
			<b>Total Load including Expansion (Watts):</b>	<b>46798.1</b>	

Figura 25. UPS recomendada 2.

Fuente: Software Liebert.

### **3.3.17. Red de supresión de transientes**

El supresor de transientes se puede definir como un componente que es dependiente del voltaje, este se conecta en paralelo con la carga y tiene la función de limitar la corriente, así como proteger eléctricamente un sistema, limitando el voltaje transitorio al desviar la corriente asociada a ese transientes hacia la tierra.

El principal objetivo de la red de supresión es proteger la instalación de disturbios externos e internos, el estándar ANSI C 62.41 establece la capacidad de un supresor de transientes acorde al punto donde es aplicado estableciendo tres categorías básicas:

- ANSIC62.41-Categoría A: Donde el punto de uso es la carga crítica: computadoras, televisores, PLC 'S, equipo de laboratorio, entre otras.
- ANSIC62.41-Categoría B: Donde el punto de uso es en los subtableros: iluminación, sistemas de administración de edificios y sistemas de seguridad.
- ANSIC62.41-Categoría C: Donde el punto de uso es en la entrada de servicio del edificio.

Es importante que cada una de estas categorías anteriores se divide en subcategorías con formas de onda y niveles de voltaje y corriente asignados por el estándar, según el estándar C62.41 las diferentes subcategorías son:

Categoría	Voltios / Amperes	Forma de onda
C3- Entrada de servicio	20 kV/ 10 kA	Doble onda: 1.2 x 50 µseg. 8 x 20 µseg.
C2- Entrada de servicio	10 kV/ 5 kA	Doble onda: 1.2 x 50 µseg. 8 x 20 µseg.
C1- Entrada de servicio	6 kV/ 3 kA	Doble onda: 1.2 x 50 µseg. 8 x 20 µseg.
B3- Tablero de distribución principal	6 kV/ 3 kA	Doble onda: 1.2 x 50 µseg. 8 x 20 µseg.
B2- Tablero de distribución principal	4 kV/ 2 kA	Doble onda: 1.2 x 50 µseg. 8 x 20 µseg.
B1- Tablero de distribución principal	2 kV/ 1 kA	Doble onda: 1.2 x 50 µseg. 8 x 20 µseg.
B3- Centro de carga / Sub- Panel de distribución	6 kV/ 0.5 kA	Onda oscilatoria 0.5 µseg – 100 kHz
B2- Centro de carga / Sub- Panel de distribución	4 kV/ 0.33 kA	Onda oscilatoria 0.5 µseg – 100 kHz
B1- Centro de carga / Sub- Panel de distribución	2 kV/ 0.17 kA	Onda oscilatoria 0.5 µseg – 100 kHz
A3- receptáculo de pared	6 kV/ 2 kA	Onda oscilatoria 0.5 µseg – 100 kHz
A2- receptáculo de pared	4 kV/ 0.13 kA	Onda oscilatoria 0.5 µseg – 100 kHz
A1- receptáculo de pared	2 kV/ 0.07 kA	Onda oscilatoria 0.5 µseg – 100 kHz

Figura 26. *Diferentes subcategorías de clasificación de los supresores de transientes según su ubicación.*

*Fuente: Fabricante*

Los pasos para dimensionar y especificar un supresor de transientes adecuado consisten en: Examinar la historia eléctrica del lugar con el fin de verificar el historial de problemas de calidad eléctrica. Se debe evaluar la carga que se va a proteger, los equipos que se van a instalar, costos y requerimientos de confiabilidad de los procesos, siendo este último paso el más importante ya que por el tipo de proceso la compañía no puede darse el lujo de tener una interrupción en las actividades del día a día, lo cual hace de la solución una inversión fácilmente justificada. Se deben además determinar los modos de protección requeridos en donde lo recomendable es que el supresor contemple todos los modos de protección, ya que no es posible definir en forma certera en cual de las rutas se va a presentar la perturbación, así que lo más recomendable es que el supresor se especifique con protección línea-línea, línea-neutro, neutro-tierra y línea-tierra. Seguido se debe determinar la clasificación del supresor de acuerdo a la ubicación como se vió anteriormente.

Se debe determinar el voltaje del bus de conexión, es decir, el voltaje nominal disponible en el tablero donde se conecta en paralelo con el supresor, se debe también confirmar la configuración de fases (Monofásico-Trifásico delta o estrella) y, por último, se deben determinar los requerimientos de desvío de corriente del supresor, este valor se expresa en Kiloamperios (KA) y se lleva a cabo verificando la ubicación y categoría del supresor, definiendo el voltaje máximo en el punto de conexión acorde con ANSI/IEEE C62.41 (Donde para un tablero de entrada de servicio el valor es típicamente de 100 KV, mientras que para un subtablero es de 6 KV).

Se debe calcular el porcentaje de impedancia en el punto de conexión que normalmente para una entrada de servicio típico está en el rango de  $0,25(\Omega)$  a  $(2\Omega)$ , mientras que el rango para un tablero está entre  $5(\Omega)$  a  $6(\Omega)$ , finalmente con el valor obtenido de Z y E se hace el cociente  $E/Z$  para obtener el valor de I.

Como se mencionó anteriormente se debe especificar el nivel de voltaje, el cual se refiere a la cantidad de voltaje transitorio que es permitido pasar hasta la carga protegida especificada en UL 1449. Especificar el tiempo de respuesta es muy importante ya que en realidad lo que los fabricantes especifican no es el tiempo de respuesta del supresor como un todo, sino más bien el tiempo de respuesta de los componentes, valor que no debe superar los 0.5 s, finalmente se debe especificar el máximo voltaje continuo de operación (MCOV) este debe ser de al menos 115% del valor nominal de voltaje de operación del sistema, a fin de asegurar la capacidad de soportar sobrevoltajes momentáneos.

Para el diseño de supresores las cargas a proteger son equipos muy sensibles como computadoras, servidores, centrales telefónicas y enrutadores, el costo de dichos equipos asciende los miles de dólares y como estos son el corazón de la empresa deben resguardarlos de la mejor forma. Un paro de labores en días de alta demanda puede ocasionar pérdidas de más \$20 000 por hora. Es por esto que el sistema de telecomunicaciones y transmisión deben permanecer 24/7 funcionando. El modo de los supresores que se eligieron brindan una protección línea-línea, línea-neutro, neutro-tierra, línea-tierra. Para este caso en específico el sistema eléctrico estará dividido en tres:

- Sistema normal (Alimentación eléctrica de las cargas no críticas).
- Sistema de emergencia (Alimentación eléctrica de las cargas críticas)
- Sistema de aire acondicionado.

Los supresores se instalarán únicamente en el sistema de emergencia, el cuál dentro del unifilar contará con transferencias automáticas y sistemas UPS por lo que se termina que es necesario utilizar supresores categoría B y C, por lo que queda descartado el montaje de los supresores categoría A, dejándole el trabajo de protección a los puntos de cargas críticas de

la UPS On-Line. Es bien sabido que el voltaje a la entrada del edificio es 120/208 Vca, desde el secundario de los transformadores, es por esto que los equipos a instalar se solicitaron para que trabajen dentro de ese rango de voltaje y tendrán una configuración de fases trifásica.

Para determinar el tamaño de los supresores de transientes se utilizarán tablas brindadas por el distribuidor de equipos en Costa Rica.

Primero se selecciona la capacidad mínima del supresor (KA)

Tabla 7. Determinación de capacidad mínima del supresor en (KA)

RMS SYSTEMS AMPS	MAINS CAT C3 (100 kV)	DISTRIBUTION BOAR CAT B3 (6 kV)	CAT A3
ABOVE-3001	0.25	0.0187	FILTER
3000 - 2001	0.31	0.0240	FILTER
2000 - 1201	0.4	0.0375	FILTER
1200 - 601	0.63	0.0461	FILTER
600 - 226	0.77	0.0750	FILTER
225 - 126	1.25	0.0923	FILTER*
125 - 60	1.54	0.2400	FILTER*

Fuente: Fabricante

La capacidad de amperios del filtro depende de los amperios nominales en el punto de acople. Segundo se determina el nivel de exposición.

Tabla 8. Tipo actividad

TIPO DE ACTIVIDAD	
MEDICA-INDUSTRIA- TELE	100
BANCA	75
COMERCIAL	50
INSTITUCIONES-PYMES	25
RESIDENCIAL	0

Fuente: Fabricante

Tabla 9. Localización

LOCALIZACIÓN	
EXTREMA INCIDENCIA DE RAYOS	100
ALTA INCIDENCIA DE RAYOS	75
MEDIANA INCIDENCIA DE RAYOS	50
BAJA INCIDENCIA DE RAYOS	25
NULA INCIDENCIA DE RAYOS	0

Fuente: Fabricante

Tabla 10. Distancia a fuentes de generación eléctrica

DISTANCIA	
50 KM O MENOS	100
51 A 75 KM	75
75 A 125 KM	50
126 A 180 KM	25
181 KM O MÁS	0

Fuente: Fabricante

Tabla 11. Cercanía a otras cargas significativas como industrias y subestaciones.

CERCANÍA	
MENOS DE 1 KM	100
1 A 5 KM	75
5 A 10 KM	50
15 A 20 KM	25
21 KM O MÁS	0

Fuente: Fabricante



Tabla 12. Clasificación por nivel de exposición

NIVEL DE EXPOSICIÓN	PUNTAJE
EXTREMA EXPOSICIÓN	400 PTOS
ALTA EXPOSICIÓN	300 A 399 PTOS
MEDIANA - ALTA EXPOSICIÓN	200 A 299
MEDIANA EXPOSICIÓN	100 A 199
BAJA EXPOSICIÓN	0 A 99

Fuente: Fabricante

Tabla 13. Determinación final de TVSS considerando capacidad mínima en KA y reajuste por nivel de exposición.

RMS SYSTEMS AMPS	MAINS CAT C3	DISTRIBUTION BOAR CAT B3	CAT A3
ABOVE-3001	100 kV	6 kV	
EXTREMA EXPOSICIÓN	0.100	0.0080	FILTER
ALTA EXPOSICIÓN	0.133	0.0100	FILTER
MEDIANA-ALTA EXPOSICIÓN	0.166	0.0120	FILTER
MEDIANA EXPOSICIÓN	0.200	0.0150	FILTER
BAJA EXPOSICIÓN	0.250	0.0187	FILTER
3000 - 2001			
EXTREMA EXPOSICIÓN	0.133	0.0100	FILTER
ALTA EXPOSICIÓN	0.166	0.0120	FILTER
MEDIANA-ALTA EXPOSICIÓN	0.200	0.0150	FILTER
MEDIANA EXPOSICIÓN	0.250	0.0187	FILTER
BAJA EXPOSICIÓN	0.3125	0.0240	FILTER
2000 - 1201			
EXTREMA EXPOSICIÓN	0.166	0.0120	FILTER
ALTA EXPOSICIÓN	0.200	0.0150	FILTER
MEDIANA-ALTA EXPOSICIÓN	0.250	0.0187	
MEDIANA EXPOSICIÓN	0.312	0.0240	FILTER
BAJA EXPOSICIÓN	0.400	0.0375	FILTER
1200 - 601			
EXTREMA EXPOSICIÓN	0.200	0.0150	FILTER
ALTA EXPOSICIÓN	0.250	0.0187	FILTER
MEDIANA-ALTA EXPOSICIÓN	0.312	0.0240	
MEDIANA EXPOSICIÓN	0.400	0.0375	FILTER
BAJA EXPOSICIÓN	0.625	0.0461	FILTER
600 - 226			
EXTREMA EXPOSICIÓN	0.250	0.0187	FILTER
ALTA EXPOSICIÓN	0.312	0.0240	FILTER
MEDIANA-ALTA EXPOSICIÓN	0.400	0.0375	
MEDIANA EXPOSICIÓN	0.625	0.0461	FILTER
BAJA EXPOSICIÓN	0.769	0.0750	FILTER
225 - 126			
EXTREMA EXPOSICIÓN	0.312	0.0240	FILTER
ALTA EXPOSICIÓN	0.400	0.0375	FILTER
MEDIANA-ALTA EXPOSICIÓN	0.625	0.0461	
MEDIANA EXPOSICIÓN	0.769	0.0750	FILTER
BAJA EXPOSICIÓN	1.250	0.0923	FILTER
125 - 60			
EXTREMA EXPOSICIÓN	0.400	0.0375	FILTER
ALTA EXPOSICIÓN	0.625	0.0461	FILTER
MEDIANA-ALTA EXPOSICIÓN	0.769	0.0750	
MEDIANA EXPOSICIÓN	1.250	0.0923	FILTER
BAJA EXPOSICIÓN	1.534	0.2400	FILTER

Fuente: Fabricante

Finalmente, la capacidad de KA se obtiene con la ley de ohm, donde:

$$I=V/Z \quad (15)$$

Para el supresor categoría C del módulo de medidores el rango de la corriente eléctrica que atravesará cada módulo de medidores está en el rango de: 601-1200 (A); Así de la tabla se obtiene que la impedancia del punto de conexión es de  $Z= 0.63\Omega$  y el voltaje máximo es de 100 KV, utilizando la ley de ohm se obtiene un valor de corriente  $I=159KA$ ; Pero a fin de encontrar un valor más exacto se utilizan todas las tablas anteriores, las cuales nos brindan un valor de corrección del supresor más adecuado, dependiendo del nivel de exposición del inmueble y demás variables tabuladas por el fabricante del equipo. Los valores se toman como sigue de las tablas anteriormente mostradas:

Tipo de actividad=100

Localización=25

Distancia a fuentes de generación eléctrica=75

Cercanía a otras fuentes significativas=75

Finalmente se logra determinar que el nivel de exposición es 275 "Mediana-Alta exposición" y este valor nos permite realizar el reajuste del valor del TVSS en KA, con un nuevo valor de  $E=100$  KV y  $Z=0.312 \Omega$ , dando como resultado una corriente  $I=320KA$ . Por lo tanto, el supresor estándar a utilizar es de 200 KA, ya que, debe utilizarse un valor estándar de fabricación cercano al rango determinado.

### **3.3.18. Sistemas de pararrayos**

En el sitio se encuentra una falta al código donde su anterior sistema se escogió del tipo con dispositivo de cebado (ionizante) por supuesta recomendación del fabricante, el mismo

consiste en un sistema que por medio de electrodos inferiores que utilizan la energía eléctrica ambiental, lo cual convierte al sistema en un ente autónomo que no necesita ninguna fuente de poder. El mismo se basa en la norma francesa NFC 17-102, sobre la cual el código eléctrico nacional establece que no cuenta con el aval de las normas de instalación americanas NFPA 70 y UL96A, tampoco ha sido aceptada por la norma IEC62395(Norma europea de pararrayos).

Dado esta situación se establece la utilización de un pararrayos de sistema de acoplamiento equipotencial a tierra cuyo principio básico de funcionamiento es el acoplamiento entre masas, con una baja y eficiente impedancia. Los mismos representan un sistema de redes de acoplamiento que otorga protección a equipos y a personas contra eventos indeseables naturales o artificiales que generen incrementos de potencial. El equipo a proveer debe optimizar y asegurar la operación eficiente de relevadores y otros dispositivos de protección para la prevención de fallas a tierra en el sistema acorde a la norma IEEE-2.27. Std-2007). Además, se provee un sistema de disipación de corrientes electromagnéticas a tierra, sin exceder los límites de operación de los equipos.

Se proveerá un sistema de control y atenuación de potenciales transferidos desde tierra (IEEE - 4.2.6 Std 142-2007) con la Ley de Lenz, por la vía de una operación unidireccional a tierra (mayor admitancia) y muy alta impedancia de tierra a carga. (efecto diodo). Así como Proveer conexiones mecánicas y acoplamientos electromagnéticos de muy baja impedancia referida a frecuencia (30 Hz. – 3,5 GHz) para: Cubas de transformadores. - (acoplamiento electromagnético de fases en primario y secundario). (IEEE - 2.4.2 Std 142 - 2007).

Tierras físicas de protección y seguridad entre masas metálicas con el propósito de cancelar gradientes de potencial entre ellas y tensiones de toque. (IEEE - 2.4.6 Std 142-2007); X0 o neutro de la estrella del transformador sólidamente puesto a tierra o a través de

impedancia resistiva para limitación de corriente. (IEEE - 1.4.7. Std 142 - 2007); Tierra electrónica o de referencia “0” (cero lógico), para la correcta y eficiente operación de equipo electrónico sensible y delicado. (IEEE - 5.1 – 5,2 Std 142 -2007); Puesta a tierra para conductor específico de descargas atmosféricas (rayos). (IEEE -3.3.4. 6 Std 142 - 2007. ANSI/NFPA 780-2011; Puesta a tierra concebida para protección catódica (anticorrosión y antioxidación), con efecto diodo que permita la optimización e identidad de la corriente impresa de protección con simultánea equipotencialidad entre masas para evitar peligrosos gradientes de potencial electrostático. (IEEE - 4.4.5 Std.142 - 2007).

La escogencia del sistema de pararrayos del Data Center asegura protección contra impactos de rayos para todo el edificio, sus parqueos, las zonas de ingreso, así como las zonas de tránsito peatonal ya que el sitio es una zona de alta incidencia de rayos y una falta de protección puede causar daños en estructuras, edificios y lo más importante una pérdida de equipos sensibles o vida humana, siendo estas las peores causas en un edificio de Call Center. Para la protección se recomienda un disipador con la función de disipar valga la redundancia el rayo en la zona protegida sin riesgo de inducción peligrosa (95% del rayo se elimina en la atmósfera por efecto de las cargas iguales que se repelen y el 5% restante, se disipa por medio de un electrodo unidireccional de puesta a tierra.

Las ventajas que tendrá la edificación son varias, entre estas podemos encontrar primeramente la protección en toda la zona de rayos, la reducción de quemaduras de equipo sensible, se eliminan los riesgos de inducción causado por diferencias de potenciales cuando se instala la puesta a tierra y se refieren las estructuras metálicas todo esto basados en IEC62395. 1,2, 3 y 4.

Se debe incluir para ejecutar el sistema un disipador de descargas atmosféricas y sistema a tierra de magneto activo unidireccional, protegiendo el lugar de inducciones que entren por las puertas a tierra, se debe además instalar un mástil de 12 metros de altura sobre el techo del edificio, además se debe instalar el bajante de referenciación al sistema de puesta a tierra mismo que se realizará en cable calibre #2/0, así como un electrodo activo unidireccional para referir el Data Center a tierra, el disipador de rayos antes expuesto sobre un mástil, se debe también referenciar estas estructuras a tierra junto con el disipador y los electrodos; es de suma importancia que todos los equipos sean certificados UL, NFPA, IEEE, ANCE, ANSI, NETA ATS, NACE, ETSI, NOM, APSI sobre todo con certificación ISO 14001 y con el diseño y aplicación conforma a la IEC62305, 1,2,3,4 y un informe final ilustrado con fotos de cómo se realizarán los trabajos.

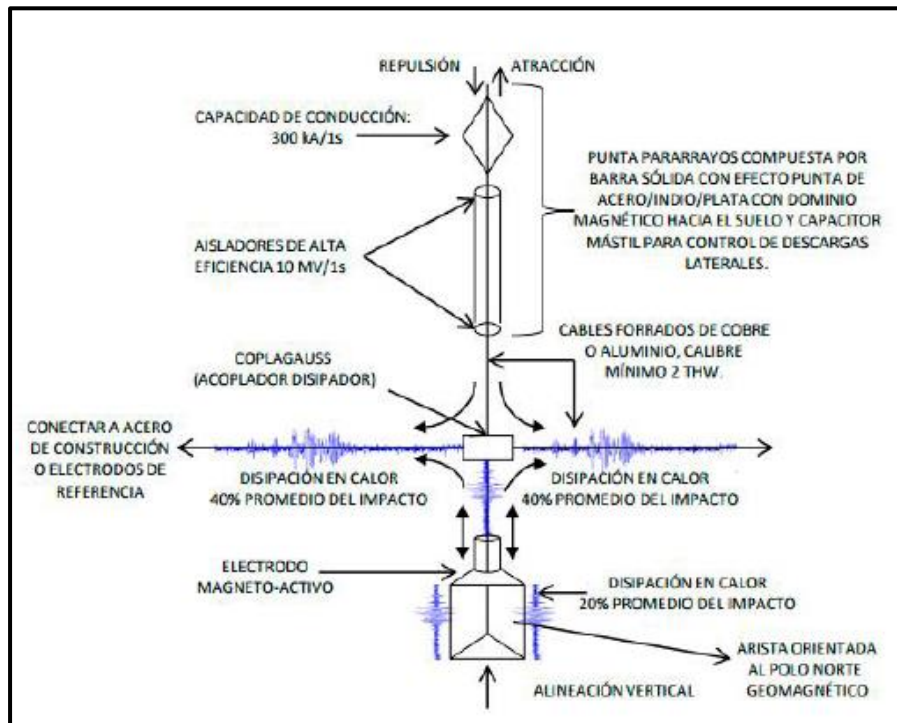


Figura 27. Diagrama esquemático de sistema de pararrayos.  
Fuente: Fabricante FaraGauss

### 3.3.19. Tierras

El sistema de puesta a tierra se va dividir en dos partes, el sistema de pararrayos y el sistema de los transformadores de alimentación del edificio. Para calcular la configuración y la cantidad de electrodos de puesta a tierra del sistema del Data Center se utiliza un método sencillo denominado método del electrodo único, utilizando un esquema de nomograma, para realizar el diseño fue necesario la obtención de una prueba de medición de resistencia en ohmios de la tierra con la que contaba el cliente, específicamente en el lugar en donde se plantea enterrar los electrodos, según el estudio con el que contaba el cliente, realizado en condiciones críticas, el valor  $R= 120 (\Omega \cdot m)$  mismo que se utilizará en el desarrollo del esquema donde para el desarrollo del sistema de puesta a tierra de los transformadores se requiere obtener una malla la cual debe tener una resistencia inferior a los 8 ohmios como mínimo, en una zona donde las pruebas de resistencia del terreno se obtuvieron en promedio de  $110 (\Omega \cdot m)$ , utilizando varillas de  $5/8''$  de diámetro y 3 m de longitud.

Como se observa en la siguiente gráfica se obtiene que:

R: Valor de resistencia del sistema de tierra deseado.

T: Valor promedio de resistividad del terreno obtenido.

L: Longitud de varilla de tierra a utilizar

A: Diámetro de la varilla de cobre (Varilla Cooperweld)

Así de la gráfica se observa que el valor encontrado de L es de 14,3 m, en el método utilizado la cantidad de varillas se encuentra dividiendo el valor de L entre el largo de las varillas y como se utilizan varillas de 3 m de largo, entonces la cantidad aproximada es de 5 varillas.

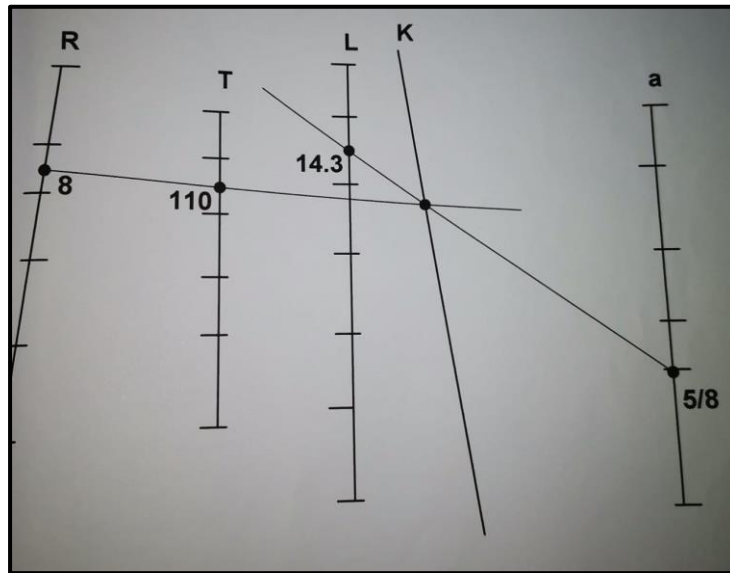


Figura 28. Esquemático nomograma para sistema de puesta a tierra.

Fuente: Estudios presentados al cliente.

En la puesta a tierras del sistema de pararrayos se requiere una malla cuya resistencia sea inferior a los 10 ohmios, en una zona donde las pruebas de resistencia del terreno se obtuvieron en promedio de 110 ( $\Omega \cdot m$ ), utilizando varillas de 5/8" de diámetro. Así se montará una malla de tierras con una configuración de delta cerrada, constituida por tres varillas de 3 m de longitud en cada esquina del triángulo, separadas 3 m una de la otra formando el triángulo. Este nuevo sistema se debe estrictamente unir física y sólidamente con el sistema de aterrizaje del edificio.

### 3.3.20. Recomendaciones finales para el buen mantenimiento de la instalación eléctrica.

A continuación, se presentan algunos procedimientos para el mantenimiento de los equipos del sistema de distribución, el mismo se basa en los manuales de los equipos propuestos y se recomienda para educar a los usuarios y operarios de los equipos con el fin de evitar

accidentes que pueden interferir en el desarrollo adecuado de los negocios de la compañía, en la pérdida de vidas humanas o bien en la pérdida de costosas garantías por no darle un uso adecuado a los equipos.

El mantenimiento de las subestaciones se realiza mediante pruebas de campo a transformadores, interruptores y pararrayos, así como pruebas de alto potencial a las barras, pruebas a los cables de potencia, a los capacitores y la prueba de resistencia a la red de la tierra. Además, se debe verificar en los transformadores el aceite aislante, del mismo se debe conocer bien la descripción.

Los pararrayos también requieren de mantenimiento el cual se les brinda básicamente revisando cada 2 años la punta, revisando el estado de corrosión y la firmeza de la sujeción. La red conductora debe revisarse igualmente cada 2 años comprobando su continuidad eléctrica y verificando la sujeción y conexión a tierra. La red de puesta a tierra se debe verificar en la época del año en que el terreno se encuentre más seco y se debe comprobar la continuidad, el mismo procedimiento se aplicara cuando se presente una descarga eléctrica anormal en el edificio y su sistema de pararrayos.

Al equipo de transformación se cada tres meses se le debe verificar el funcionamiento del termómetro y las lecturas máximas, cada año se le deben revisar los interruptores, contactos, oxidación de envolventes, pantallas, bornes y los terminales y las piezas de la conexión. Las redes ramales deben verificarse de igual manera, cada 2 años se comprobarán las conexiones en los tableros, así como los breakers y las intensidades de carga en relación a los conductores. En el caso de los cables se debe comprobar el aislamiento.

En el caso de las luminarias seleccionadas al menos una vez al año se les comprobara con luxómetro sus niveles, además se efectuará limpieza de las lámparas y luminarias, evitando sustancias muy alcalinas en el aluminio, con el fin de que el polvo o la suciedad intervengan



en los niveles recomendados de iluminación para la instalación. Tanto para la iluminación en los pisos, como en el parqueo, se debe considerar que las operaciones realizadas no disminuyan los valores de iluminancia, durante los trabajos no debe haber tensión en las líneas y las herramientas deben estar aisladas. La reposición de las lámparas se debe efectuar en la medida en que sea posible en grupos o áreas completas, tomando en cuenta que todas las luminarias deben ser de las mismas características que las reemplazadas.

## **Capitolo IV**

## 5.1. Conclusiones

- Se logró diseñar un modelo de iluminación que garantiza la ergonomía laboral de los trabajadores del edificio con valores ideales acorde a normativa INTE/ISO 8995-1:2016 con el uso del software DIALux.
- Se demostró que el diseño eléctrico de emergencia original del edificio, así como el equipamiento eléctrico elegido originalmente como los transformadores, transferencias automáticas y módulo de medidores, no cumplían con los requerimientos mínimos de diseño solicitados por la normativa vigente y no eran los indicados para la aplicación eléctrica del edificio.
- El diseño eléctrico planteado brinda una adecuada solución acorde a lo estipulado en el ANSI/TIA-942 para el Tier III, donde se incluye: el transformador, transferencias automáticas y el grupo electrógeno con el fin de asegurar una alimentación N+1 redundante.
- El sistema planteado asegura una adecuada protección e integridad de las personas y los equipos de telecomunicaciones, así como protección contra fenómenos climatológicos y fenómenos eléctricos presentes en la red debido a la incorporación de sistema de supresión, pararrayos y puesta a tierra.
- Las expectativas de crecimiento en la capacidad eléctrica a futuro esperadas por el cliente se satisfacen cuando se analiza la capacidad de los equipos seleccionados.

## 5.2.Recomendaciones

- Se hace necesario el montaje y conexión de un transformador de pedestal adicional de 500 KVA que tenga características semejantes al del diseño original, esto con el fin de suplir la energía eléctrica necesaria para el buen funcionamiento del edificio y de esta manera poder contar con una ventana de mantenimiento, es decir dos equipos para que cuando a uno se le realicen reparaciones o mantenimiento, el otro entre a sustituirlo, sin tener que desconectar el edificio de la red.
- Se debe realizar la instalación de un interruptor principal denominado Tie Breaker, el mismo permitirá integrar dos fuentes eléctricas independientes, ya sea en forma individual a las cargas instaladas o a su vez mediante la unificación de una de las entradas a ambas salidas, permitiendo así mantener la carga crítica del edificio en funcionamiento constante.
- Se debe instalar un módulo de medición que permita la administración de los distintos sistemas eléctricos del edificio, así como una fácil y eficiente búsqueda de averías en el sistema de distribución de la CNFL.
- Es necesario la instalación del sistema de pararrayos y el supresor de transcientes con el fin de brindar la protección al edificio y así evitar un posible accidente a una de las personas ocupantes del edificio.
- Se recomienda la instalación de los equipos como transformadores, UPS y generadores con la capacidad de crecimiento antes citada, esto debido al crecimiento comprobado por el encargado de mantenimiento año a año del personal y el equipo con el que cuenta la empresa de apuestas.

## **Referencias Bibliográficas**

National Fire Protection Association. (2007). Código Eléctrico Nacional. (Á. Estévez, Trad.)

Wildi, T. (2007). Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia (Sexta ed.). (R. Navarro Salas, Trad.) México: Pearson Educación. Recuperado el 14 de octubre del 2018

International Electrotechnical Commission. (2002). Short-circuit currents in three-phase a.c. systems. IEC. Recuperado el 20 de septiembre de 2018

Grainger, J., & Stevenson, W. (1996). Análisis de Sistemas de Potencia. (C. Lozano Sousa, Trad.) Mexico: Mc Graw Hill. Recuperado el 30 de septiembre de 2018

Colegio de Ingenieros Electricistas, Mecánicos e Industriales. (30 de Setiembre de 2004). Reglamento para el Trámite de Planos y la Conexión de los servicios Eléctricos, Telecomunicaciones y de Otros en Edificios. Costa Rica. Recuperado el 30 de septiembre de 2018.

Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. (2014). AR-TN-SUCAL Supervisión de la Calidad del Suministro Eléctrico en Baja y Media Tensión. Norma Técnica Regulatoria, ARESEP, San José. Recuperado el 5 de octubre de 2018.

White Paper: Tier Classification Defines Site Infrastructure Performance – UPTIME INSTITUTE INC UPTIME INSTITUTE, INC.

DCJ Education: Comparing Data Center Tier – Gene Kern, Executive Vicepresident WAKE Technology Services, Inc.

Telecommunication Infrastructure Standard for Data Center: TIA-942 – ANSI/TIA

Páginas web.

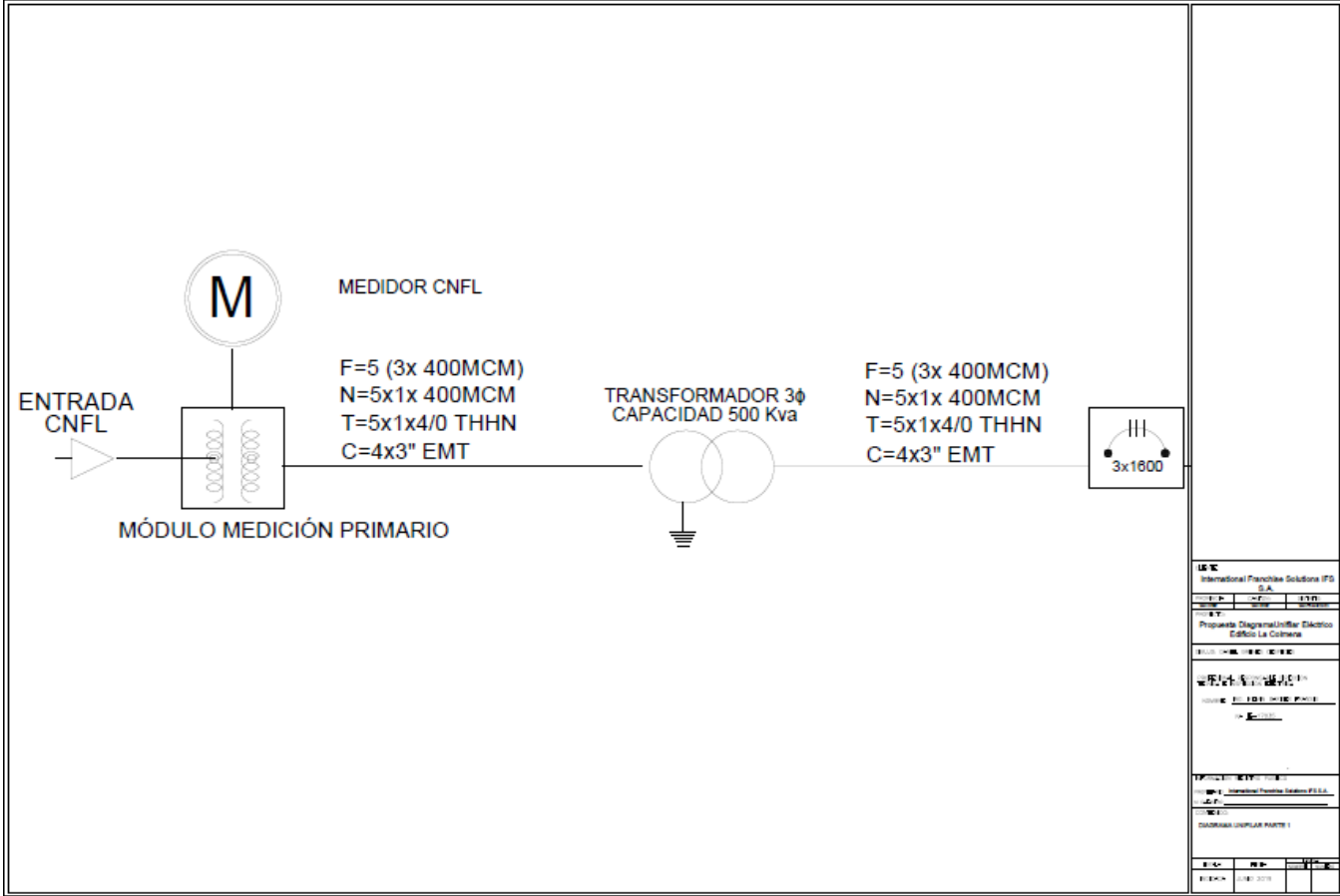
Uptime Institute. (2018). Sistema de clasificación TIE. Recuperado el 5 de octubre de 2018.,  
de <https://es.uptimeinstitute.com/tiers>

## **Capítulo V. Anexos**



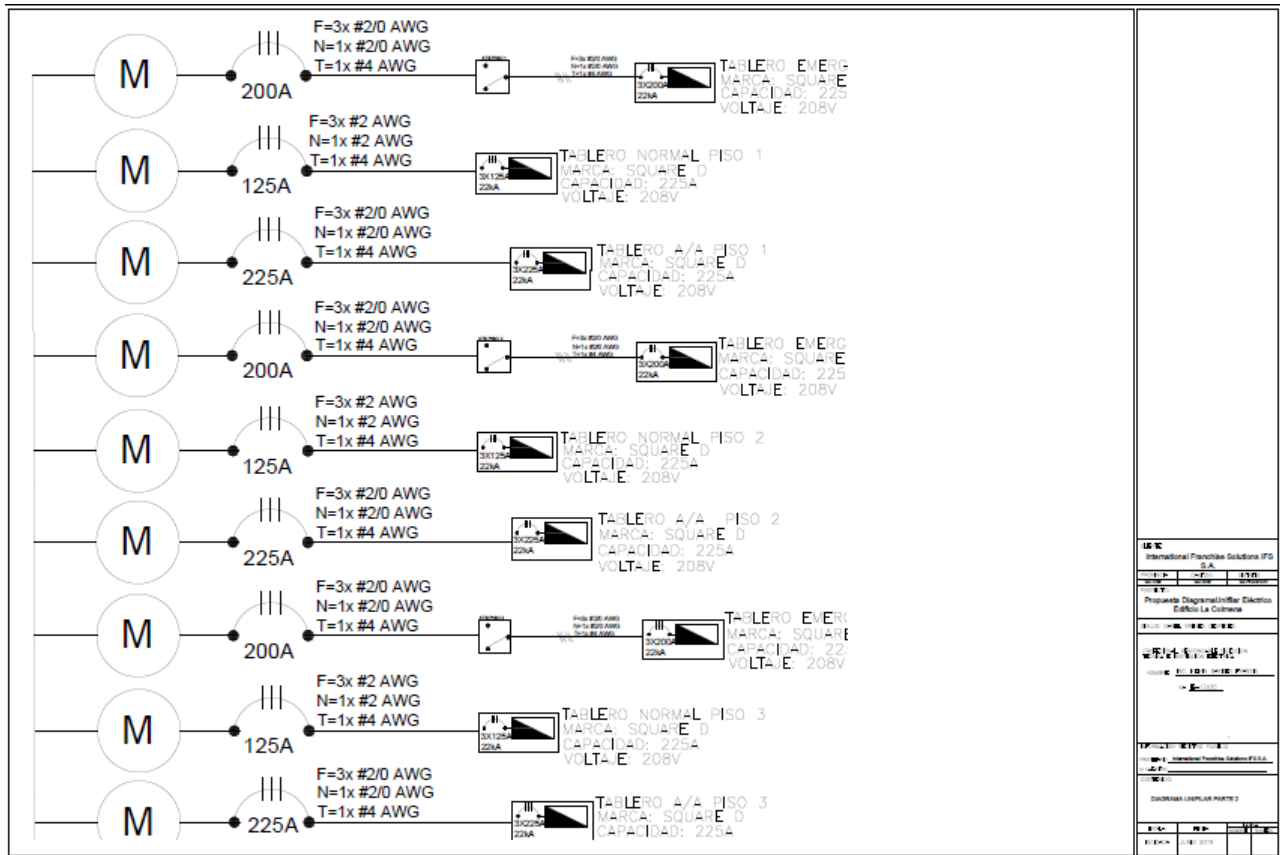


Anexo 2. Detalle 1 diagrama unifilar del proyecto



<b>ISEC</b> International Protection Solutions (PS) S.A.			
Proyecto	Fecha	Escala	
Proyecto Diagrama Unifilar Eléctrico Edificio La Colmena			
Autor: <b>M. A. RIVERA</b>			
Revisado: <b>M. A. RIVERA</b>			
Aprobado: <b>M. A. RIVERA</b>			
TÍTULO: <b>REVISIONES</b>			
No. de Revisión: <b>01</b>			
Descripción: <b>Diagrama Unifilar Parte 1</b>			
Elaborado	Revisado	Aprobado	Fecha
M. A. RIVERA	M. A. RIVERA	M. A. RIVERA	2023

### Anexo 3. Detalle 2 diagrama unifilar del proyecto



<b>LEIC</b> International Franchise Solutions (FS) S.A.								
<table border="1"> <tr> <th>ITEM</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>CANTIDAD</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Proyecto Diagrama unifilar Electrico</td> <td>1</td> </tr> </table>	ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	1	Proyecto Diagrama unifilar Electrico	1	Edificio La Colmena	
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD						
1	Proyecto Diagrama unifilar Electrico	1						
Proyecto: Diagrama unifilar Electrico Edificio La Colmena								
Elaborado por: [Firma] Fecha: [Fecha]								
Revisado por: [Firma] Fecha: [Fecha]								
Aprobado por: [Firma] Fecha: [Fecha]								
Diagrama Unifilar Electrico								
E.S.	R.S.	F.S.						
E.S.	R.S.	F.S.						

# Anexo 4. Detalle 3 Tablas y simbología

TABLERO PROPIEDAD - NORMA PISO 1-B										
CIRCUITO	DESCRIPCION	CABLE AWG	TUBIA	POSICION	TIPO DE TUBIA	FASE A	FASE B	FASE C	% Carga de reserva	Observaciones
1	ILUMINACION	12	12	1-30	13	750			0.58	26.1
2	ILUMINACION	12	12	1-30	13	750	750		0.68	26.1
3	TELEFONO	12	12	1-30	13			2000	1.41	23.1
4	TELEFONO	12	12	1-30	13	2500			1.45	32
5	TELEFONO	12	12	1-30	13		2000		1.18	32
6	INDICADOR NIVEL	12	12	1-30	13	2500	2500		0.74	38
7	INDICADOR NIVEL	12	12	1-30	13	2500	2500		1.23	38
CARGA TOTAL POR FASE						4702	3302	4800		
CARGA TOTAL						8000				
TABLERO ELECTRICO TRIFASICO 120/200V, BARRAS DE ZONA, 20 ESPACIOS										
TABLERO PROPIEDAD - A/C PISO 1-B										
CIRCUITO	DESCRIPCION	CABLE AWG	TUBIA	POSICION	TIPO DE TUBIA	FASE A (VA)	FASE B (VB)	FASE C (VC)	% Carga de reserva	Observaciones
1.5	A/C	6	12	2-00	25	4000.00			1.13	27
2.4	A/C	6	12	2-00	25	4000.00	4000.00		1.26	30
3.2	A/C	6	12	2-00	25	4000.00	4000.00		1.48	39
4.6	A/C	6	12	2-00	25	4000.00	4000.00		1.48	39
5.12	A/C	6	12	2-00	25	4000.00	4000.00		1.24	31
CARGA TOTAL POR FASE						20000	20000	20000		
CARGA TOTAL						60000				
TABLERO ELECTRICO TRIFASICO 120/200V, BARRAS DE ZONA, 20 ESPACIOS										
TABLERO PROPIEDAD - BARRIO PISO 1-B										
CIRCUITO	DESCRIPCION	CABLE AWG	TUBIA	POSICION	TIPO DE TUBIA	FASE A	FASE B	FASE C	% Carga de reserva	Observaciones
1	ILUMINACION	12	12	1-28	13	750			0.58	26
2	ILUMINACION	12	12	1-28	13	750	750		0.52	27
3	ILUMINACION	12	12	1-28	13			1000	1.26	23
4	TELEFONO	12	12	1-28	13	1500			1.53	39
5	TELEFONO	12	12	1-28	13		1000		1.42	23
6	TELEFONO	12	12	1-28	13		1000		1.42	23
7	TELEFONO	12	12	1-28	13	1500			1.29	33
8	TELEFONO	12	12	1-28	13		1000		1.44	42
9	TELEFONO	12	12	1-28	13		1000		1.42	39
10	TELEFONO	12	12	1-28	13	1000			1.42	39
11	TELEFONO	12	12	1-28	13		1000		1.46	37
12	TELEFONO	12	12	1-28	13		1000		1.42	39
13.15.17	MP.F.1	4	8	3-28	32	5000	5000	5000	0.83	35
13.15.18	MP.F.2	4	8	3-28	32	5000	5000	5000	0.79	32
17-20	LIBRES									
CARGA TOTAL POR FASE						17381	17381	17382		
CARGA TOTAL						52148				
TABLERO ELECTRICO TRIFASICO 120/200V, BARRAS DE ZONA, 20 ESPACIOS										
TABLERO PROPIEDAD - AREAS COMUNES										
CIRCUITO	DESCRIPCION	CABLE AWG	TUBIA	POSICION	TIPO DE TUBIA	FASE A	FASE B	FASE C	% Carga de reserva	Observaciones
1	ILUMINACION	12	12	1-30	13	750			0.58	26
2	ILUMINACION	12	12	1-30	13	750	750		0.52	27
3	ILUMINACION	12	12	1-30	13			1000	1.26	23
4	ILUMINACION	12	12	1-30	13	750			0.58	26
5	ILUMINACION	12	12	1-30	13			1000	1.26	23
6	INDICADOR NIVEL	12	12	1-30	13	2500	2500		0.74	38
7	INDICADOR NIVEL	12	12	1-30	13	2500	2500		1.23	38
8	TELEFONO	12	12	1-30	13			1000	1.42	23
9	TELEFONO	12	12	1-30	13			1000	1.42	23
10	TELEFONO	12	12	1-30	13	1500			1.29	33
11	TELEFONO	12	12	1-30	13		1000		1.44	42
12	TELEFONO	12	12	1-30	13		1000		1.42	39
13	TELEFONO	12	12	1-30	13	1000			1.42	39
14	TELEFONO	12	12	1-30	13		1000		1.46	37
15.17	INDICADOR NIVEL	6	12	2-30	26	6000	6000		0.80	40
16.18	INDICADOR NIVEL	6	12	2-30	26	6000	6000		0.76	37
19	TELEFONO	12	12	1-30	13	1500			1.29	33
20	TELEFONO	12	12	1-30	13		1000		1.42	39
21.22	LIBRES									
CARGA TOTAL POR FASE						22885	22885	22882		
CARGA TOTAL						68658				
TABLERO ELECTRICO TRIFASICO 120/200V, BARRAS DE ZONA, 20 ESPACIOS										

DESCRIPCION	USO GENERAL	EMERGENCIA	A/C	TOTAL
	POTENCIA (W)	POTENCIA (W)	POTENCIA (W)	POTENCIA (W)
PISO 1	16504	51486	48750	116740
PISO 2	16504	51486	48750	116740
PISO 3	16504	51486	48750	116740
PISO 4	16504	51486	48750	116740
PISO 5	16504	51486		67990
PISO 6	16504	51486		67990
<b>CARGAS TOTALES</b>				<b>308916</b>

TABLA A				
Proyectos con transformador				
TABLA RESUMEN DEL PROYECTO				
	Transformador	Tablero Emergencia per piso (K)	Tablero Normal per piso (Q)	Tablero A/C (4)
KVA	500			
%Z	5.5			
Cantidade de corte (cortKVA)				
	3			
KVA Totales	602.54	51.486	16.504	46.75
KVA demandados	480.452	43.388	13.032	34
Factor de demanda	0.8	0.8	0.8	0.8
Factor de potencia	0.98	0.98	0.98	0.98
Acorchado				
Fases	3x3-CORCACM	2/0 THHN	2 THHN	2/0 THHN
Neutro	4x2-CORCACM	2/0 THHN	2 THHN	2/0 THHN
Tierra	6x12-CORCACM	4 THHN	4 THHN	4 THHN
Longitud más externa	15	20	52	54
Voltaje	208	208	208	208
% Caída de voltaje	0.885	0.881	0.887	0.903

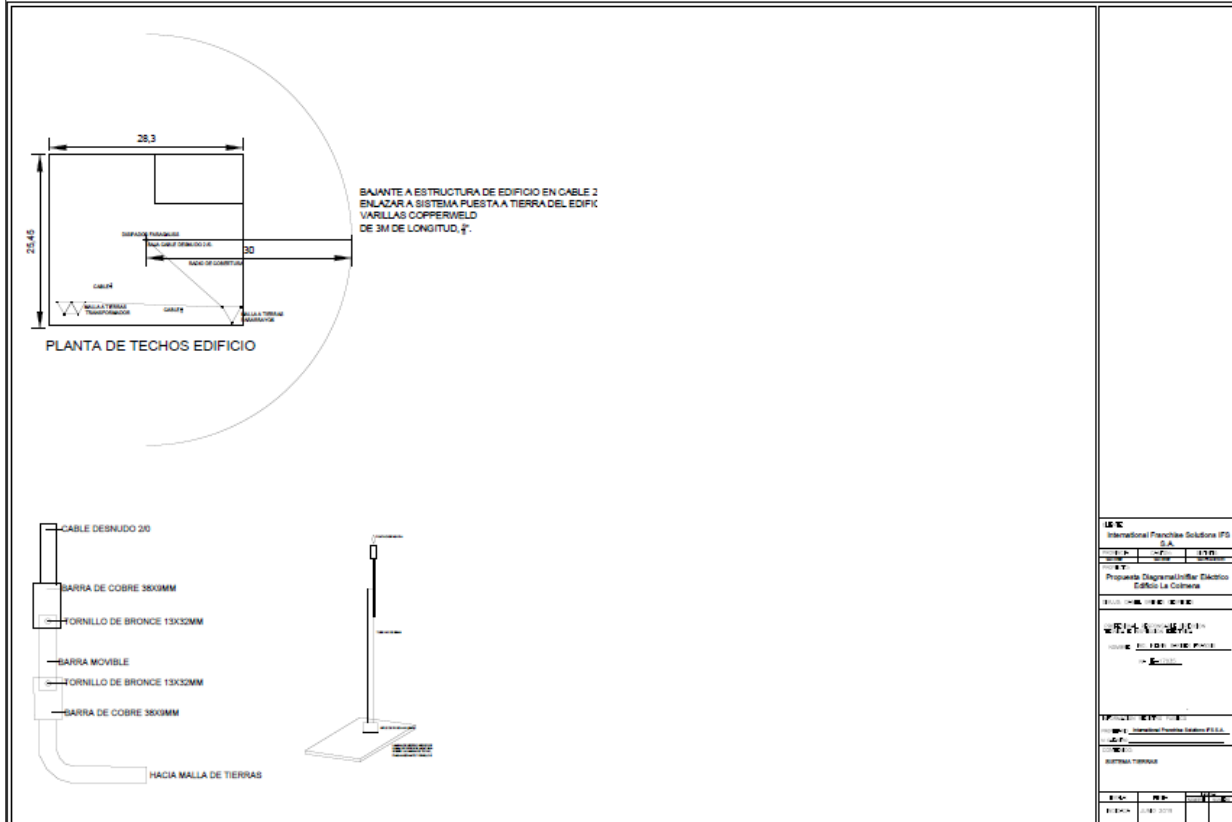
  

EQUIPOS	
	Transformador trifásico 500KVA
	Medidor CNFL
	Tie break, capacidad indicada
	Transferencia automática, capacidad indicada
	Tablero eléctrico, capacidades indicadas

 International Franchise Solutions (IFS) S.A. Propuesta Diagrama/Officer Electrico Edificio La Colmena TABLA DE CARGA TABLA RESUMEN DEL PROYECTO REVISOR:	10/10/2019
--	------------

## Anexo 5. Puesta a tierra



## Anexo 6. Directorio de tableros eléctricos

### Tableros eléctricos existentes por piso

TABLEROS EXISTENTES PISOS 1-6								
CIRCUITO	DESCRIPCION	CABLE AWG	TIERRA	POLOS/AMP	DIAM TUBERIA	FASE A	FASEB	FASE C
1	ILUMINACION	12	12	1--20	13	1585		
2	ILUMINACION	12	12	1--20	13		1265	
3	ILUMINACION	12	12	1--20	13			1585
4	ILUMINACION	12	12	1--20	13	1360		
5	TOMAS	12	12	1--20	13		800	
6	ILUMINACION	12	12	1--20	13			600
7	TOMAS	12	12	1--20	13	1255		
8	TOMAS	12	12	1--20	13		800	
9,11	SECADOR MANOS	10	12	2--30	19			700
10,12	SECADOR MANOS	10	12	2--30	19	1500		
13,15	A/C	6	10	2--60	25		1200	1200
14,16	A/C	6	10	2--60	25			
CARGA TOTAL POR FASE						5700	4065	4085
CARGA TOTAL						13850		

### Tableros eléctrico normal por piso

TABLEROS PROPUESTA- NORMAL- PISOS 1-6										
CIRCUITO	DESCRIPCION	CABLE AWG	TIERRA	POLOS/AMP	DIAM TUBERIA	FASE A	FASEB	FASE C	% Caída de tensión	Distancia(m)
1	ILUMINACION	12	12	1--20	13	752			0.56	28.7
2	ILUMINACION	12	12	1--20	13		752		0.69	35.1
3	TOMAS	12	12	1--20	13			2000	1.41	27.1
4	TOMAS	12	12	1--20	13	1500			1.25	32
5	TOMAS	12	12	1--20	13		1500		1.10	28
6,8	SECADOR MANOS	10	12	2--30	19		2500	2500	0.74	18
7,9	SECADOR MANOS	10	12	2--30	19	2500	2500		1.23	30
10--20	LIBRES									
CARGA TOTAL POR FASE						4752	7252	4500		
CARGA TOTAL						16504				
TABLERO ELECTRICO TRIFASICO 120/208V, BARRAS DE 125A, 20 ESPACIOS										

### Tableros eléctricos A/A por piso

TABLEROS PROPUESTA- A/C- PISOS 1-6										
CIRCUITO	DESCRIPCION	CABLE AWG	TIERRA	POLOS/AMP	DIAM TUBERIA	FASE A (W)	FASEB (W)	FASE C (W)	% Caída de tensión	Distancia(m)
1,3	A/C	8	12	2--60	25	4062.00		4062.00	1.13	27
2,4	A/C	8	12	2--60	25	4062.00	4062.00		1.25	30
5,7	A/C	8	12	2--60	25		4062.00	4062.00	1.38	33
6,8	A/C	8	12	2--60	25	4062.00		4062.00	1.50	36
9,11	A/C	8	12	2--60	13	4062.00	4062.00		1.63	39
10,12	A/C	8	12	2--60	13		4062.00	4062.00	1.75	42
CARGA TOTAL POR FASE						16250	16250	16250		
CARGA TOTAL						48750				
TABLERO ELECTRICO TRIFASICO 120/208V, BARRAS DE 225A, 30 ESPACIOS										

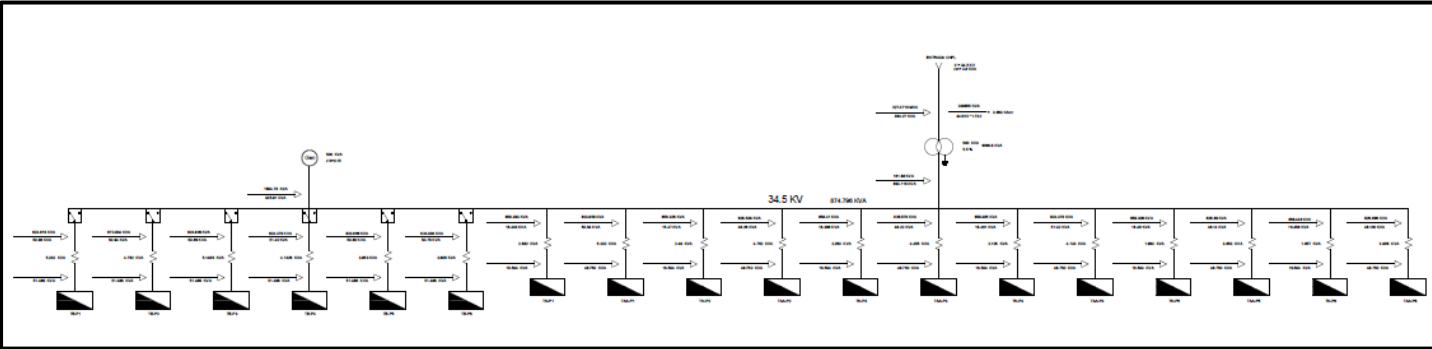
## Tableros eléctricos emergencia por piso

TABLEROS PROPUESTA- EMERGENCIA- PISOS 1-6										
CIRCUITO	DESCRIPCION	CABLE AWG	TIERRA	POLOS/AMP	DIAM TUBERIA	FASE A	FASE B	FASE C	% Caída de tensión	Distancia(m)
1	ILUMINACION	12	12	1--20	13	752			0.96	49
2	ILUMINACION	12	12	1--20	13		752		1.12	57
3	ILUMINACION	12	12	1--20	13			752	1.24	63
4	TOMAS	12	12	1--20	13	1500			1.53	39
5	TOMAS	12	12	1--20	13		1500		1.41	36
6	TOMAS	12	12	1--20	13			1500	1.45	37
7	TOMAS	12	12	1--20	13	1500			0.94	24
8	TOMAS	12	12	1--20	13		1500		1.29	33
9	TOMAS	12	12	1--20	13			1500	1.64	42
10	TOMAS	12	12	1--20	13	1500			1.53	39
11	TOMAS	12	12	1--20	13		1500		1.02	26
12	TOMAS	12	12	1--20	13			1500	1.45	37
13,15,17	UPS 1	4	8	3--90	32	5955	5955	5955	0.61	25
12,14,16	UPS 2	4	8	3--90	32	5955	5955	5955	0.73	30
17--20	LIBRES									
CARGA TOTAL POR FASE						17162	17162	17162		
CARGA TOTAL										
TABLERO ELECTRICO TRIFASICO 120/208V, BARRAS DE 200A, 20 ESPACIOS										

## Tabla resumen del proyecto

TABLA A				
Proyectos con transformador				
TABLA RESUMEN DEL PROYECTO				
	Transformador	Tablero Emergencia por piso (6)	Tablero Normal por piso (6)	Tablero A/C (4)
KVA	500			
%Z	5.5			
Fases	3			
Corriente de corto cto(KA)	18.3			
KVA Totales	602.94	51.49	16.50	48.75
KVA demandados	482.35	41.19	13.20	39.00
Factor de demanda	0.8	0.8	0.8	0.8
Factor de potencia	0.98	0.98	0.98	0.98
Acometida				
Fases	4x3x500MCM	2/0 THHN	2 THHN	2/0 THHN
Neutro	4X1X500MCM	2/0 THHN	2 THHN	2/0 THHN
Tierra	4X1X250 MCM	4 THHN	4 THHN	4 THHN
Longitud más extensa	15	50	52	54
Voltaje	208	208	208	208
% Caída de voltaje	0.865	0.881	0.587	0.901

Anexo 7. Diagrama unifilar de procesamiento para estudio de Corto Circuito





Anexo 8. Cronograma del proyecto distribuido en 14 semanas

ACTIVIDAD	SEMANA													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Estructurar caso	■													
Rediseño de acometidas		■	■											
Dimensionamiento de Sistema de Potencia Ininterrumpida				■	■									
Redefinir sistema de iluminación					■	■								
Valorar sistema de Aire Acondicionado							■							
Validar la red de supresión de transientes								■						
Diseño de puesta a tierra y pararrayos									■	■				
Redacción del informe											■	■		
Correcciones														■

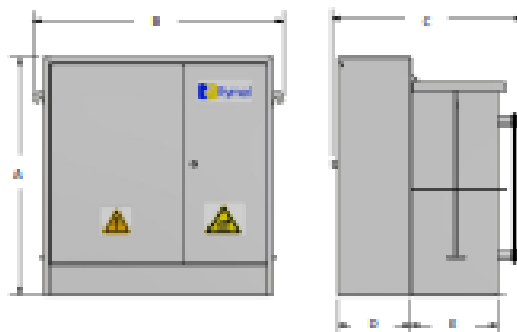
## Anexo 9. Datos transformador



# Transformador Pedestal Trifásico Tipo Radial



Disponibles en potencias hasta 3000 KVA.  
Tensión en el lado de alimentación hasta 34.5  
GrdY/19,92KV y BIL máximo de 200 KV.



Productos amigables  
con el medio ambiente

TRANSFORMADORES PEDESTALES TIPO RADIAL TRIFASICOS 15 - 25 KV

KVA	Volumen aceite (Lt.)	Peso aprox.(Kg.)	MEDIDAS (mm)				
			A	B	C	D	E
30	253	552	1050	1310	970	470	350
45	296	637	1070	1340	1000	470	380
75	318	744	1100	1340	1000	470	380
112.5	405	919	1100	1340	1000	470	480
150	429	995	1145	1340	1195	470	480
225	560	1251	1270	1400	1290	470	540
300	682	1548	1320	1400	1395	470	610
400	694	1775	1390	1400	1340	470	590
500	798	2072	1440	1540	1415	470	600
630	989	2527	1530	1620	1480	470	630
750	1105	2867	1660	1640	1450	470	620
1000	1432	3590	1680	1790	1560	470	710

**NOTA:** Las anteriores dimensiones son aproximadas, en el momento de comprar el equipo favor solicitar las dimensiones reales, ya que estas pueden variar.

## Anexo 10. Datos luminarias



Luminaria creada para aplicarse en ambientes húmedos o contaminados  
LED Fixture designed to be applied on humid or polluted environments

- Parques / Parking Lots
- Industrias / Industry
- Bodegas / Warehouse
- Hospitales / Hospitals

- Se instala de manera sobrepuesta en todo tipo de estructuras.
- Utiliza un empaque que sella el difusor contra el cuerpo de la luminaria fijado por medio de presas para garantizar hermeticidad. **Certificado IP65.**
- Superimposed installation in all types of structures.
- Its package seals the diffuser against the fixture's body, fixed via presses to ensure airtightness. **IP65 Certificate.**

### Información para ordenar / Ordering Information\*

ESPECIFICACIONES / SPECIFICATIONS				OPCIONES DE SELECCIÓN ÚNICA / SINGLE CHOICE OPTIONS				MÁS INFORMACIÓN / MORE INFO			
Modelo Model	Tipo LED LED type	Cant. Barras LED LED Bars Qty.	Flujo Lum. Lum. Flux	Dimensión Dimension	DIFUSOR / DIFFUSER Acrílico Acrylic	BATERÍA EMERG. EMERG. BATTERY	INSTALACIÓN / INSTALLATION Sobrepuesta Superimposed	Voltaje Voltage	Consumo Consumption	Amperaje Amperage	Lm / W
UL 705 LED	SMD-S2	2	2340 lm	24	•		•	120V	23.5W	N/A	100
		2	2340 lm	48	•	•	•	120V	23.5W	N/A	100
		4	4700 lm	48	•	•	•	120V	47W	N/A	100
		1	2490 lm	24	•		•	Multivoltaje	22.5W	620 mA	110
		2	4200 lm	24	•		•	Multivoltaje	39W	510 mA	116
		2	4980 lm	48	•	•	•	Multivoltaje	45W	620 mA	110
		4	6000 lm	48	•	•	•	Multivoltaje	50W	350 mA	120
		4	8400 lm	48	•	•	•	Multivoltaje	72W	510 mA	116
		4	10800 lm	96	•	•	•	Multivoltaje	83W	550 mA	130
		8	21600 lm	96	•	•	•	Multivoltaje	166W	550 mA	130
								CRI = 84			
								THD Mx. <25%			

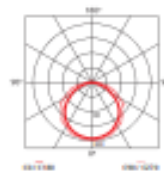
\*Multivoltaje: luminaria atenuable 0-10V / Multivoltage: dimmable fixture 0-10V

### Dimensiones / Dimensions

Dimensión Nominal	A (mm)	B (mm)	C (mm)
24	615	85	201
48	1230	85	204
96	2500	140	180



### Curvas Fotométrica / Photometric Curve



UL 705 LED SMD-S2  
2 2340 lm 24"

Rango de temperatura de operación: -20°C - 55°C /  
Operating temperature range: -20°C - 55°C

Ai exceder este rango de temperatura, se compromete el funcionamiento de la luminaria  
Exceeding this temperature range, it affects fixture operation

La luminaria opera con una temperatura de color de 4000K. \*Para otras configuraciones a nivel de flujo luminoso y temperatura de color, consultar con su asesor comercial.

Sylvania se reserva el derecho de modificar y/o cambiar este producto o sus especificaciones técnicas sin notificación previa.

The fixture operates with a color temperature of 4000K. \*For other configurations in terms of luminous flux and color temperature, consult with your sales representative.

Sylvania reserves the right to modify and/or change this product or its technical specifications without previous notification



**SYLVANIA**

## Anexo 11. Datos luminarias

### Syl-Lighter LED II Downlight LED de alto rendimiento con IP44











Código	Descripción	Tamaño de corte (mm)	Tamaño cuerpo (mm)	Ángulo de luz (°)	Color	Temperat. de color (K)	Voltaje (V)	Driver (mA)	Potencia (W)	Lúmenes (lm)	Eficacia (lm/W)
<b>Syl-Lighter LED II - Redondo - 165</b>											
<b>Balasto Electrónico</b>											
3031800	Syl-Lighter LED II 165 RD 12W WW	Ø145	Ø165	74	Blanco Cálido	3.000	220-240	300	12	1.047	87
3031801	Syl-Lighter LED II 165 RD 12W NW	Ø145	Ø165	74	Blanco Neutro	4.000	220-240	300	12	1.134	95
<b>Regulación analógica 1-10V</b>											
3031830	Syl-Lighter LED II 165 RD 12W WW 1-10V	Ø145	Ø165	74	Blanco Cálido	3.000	220-240	300	12	1.047	87
3031831	Syl-Lighter LED II 165 RD 12W NW 1-10V	Ø145	Ø165	74	Blanco Neutro	4.000	220-240	300	12	1.134	95
<b>Regulación DALI</b>											
3031806	Syl-Lighter LED II 165 RD 12W WW DALI	Ø145	Ø165	74	Blanco Cálido	3.000	220-240	300	12	1.047	87
3031807	Syl-Lighter LED II 165 RD 12W NW DALI	Ø145	Ø165	74	Blanco Neutro	4.000	220-240	300	12	1.134	95
<b>Syl-Lighter LED II - Redondo - 195</b>											
<b>Balasto Electrónico</b>											
3031808	Syl-Lighter LED II 195 RD 15W WW	Ø175	Ø195	74	Blanco Cálido	3.000	220-240	300	15	1.367	91
3031809	Syl-Lighter LED II 195 RD 15W NW	Ø175	Ø195	74	Blanco Neutro	4.000	220-240	300	15	1.480	99
<b>Regulación analógica 1-10V</b>											
3031810	Syl-Lighter LED II 195 RD 15W WW 1-10V	Ø175	Ø195	74	Blanco Cálido	3.000	220-240	300	15	1.367	91
3031811	Syl-Lighter LED II 195 RD 15W NW 1-10V	Ø175	Ø195	74	Blanco Neutro	4.000	220-240	300	15	1.480	99
<b>Regulación DALI</b>											
3031812	Syl-Lighter LED II 195 RD 15W WW DALI	Ø175	Ø195	74	Blanco Cálido	3.000	220-240	300	15	1.367	91
3031813	Syl-Lighter LED II 195 RD 15W NW DALI	Ø175	Ø195	74	Blanco Neutro	4.000	220-240	300	15	1.480	99

## Anexo 12. Datos Aire Acondicionado









	<b>OCC120</b> <b>***3V***g*</b>
<b>COOLING CAPACITY</b>	
Total BTU/h	116,000
Sensible BTU/h	84,700
EER / IEER	11.3 / 13.0
Decibels	83
ARI Reference #s	6345712
<b>EVAPORATOR MOTOR / COIL</b>	
Motor Type	2-speed Belt Drive
Indoor Nominal CFM	3,500
Indoor motor FLA (Cooling)	6.4
Horsepower - RPM	2.0/1750-1165
Piston Size (Cooling)	0.086
Filter Size (Qty)	(4) 16 x 24 x 2
Drain Size (NPT)	3/8"
R-410A Refrigerant Charge Cir #1 & #2 (oz.)	144 / 123
Evaporator Coil Face Area (ft <sup>2</sup> )	10.2
Rows Deep / Fins per Inch	4/14
<b>BELT DRIVE EVAP FAN DATA</b>	
# of Wheels (D x W)	(1) 15" x 15"
Motor Sheave / Blower Sheave	VL40 / AK74
Belt	AX50
<b>CONDENSER FAN / COIL</b>	
Quantity of Condenser Fan Motors	2
Horsepower - RPM	1/2 - 1,075
Fan Diameter / # Fan Blades	22 / 3
Outdoor Nominal CFM	8,200
Face Area (ft <sup>2</sup> )	35.2
Rows Deep - Fins per Inch	2 X 2 / 27±1
<b>COMPRESSOR</b>	
Quantity / Type / Stage	2 / Scroll / 1
Compressor RLA / LRA ea.	16/110.0
<b>ELECTRICAL DATA</b>	
Voltage/Phase/ Frequency	208/ 2 -60
Standard Motor Max. External Static	1.4"
Outdoor Fan RLA ea.	2.00
Min. Circuit Ampacity <sup>1</sup>	46.3 / 46.3
Max. Overcurrent Protection (amps) <sup>2</sup>	60 / 60
Entrance Power Supply	Locating
Entrance Control Voltage	Dimple
<b>OPERATING WEIGHT (LBS)</b>	1050
<b>SHIP WEIGHT (LBS)</b>	1125

## Anexo 13. Selección de equipos eléctricos











### Tablero Normal

<input type="checkbox"/> <b>TN EDIFICIO LA COLMENA</b> <span style="float: right;">Total Count: 10</span>	
<input type="checkbox"/>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: left;"> <p><b>6</b> <b>NQ430L2C</b> NQ Pnlbrd Interior 225A, 3 PH, 4 Wire, 30 CCT, Mn Lug, Cu</p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>
<input type="checkbox"/>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: left;"> <p><b>6</b> <b>MH44BE</b> Enclosure Box - NQNF - Type 1 - Blank End Walls - 20x44x5.75in</p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>
<input type="checkbox"/>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: left;"> <p><b>6</b> <b>NC44S</b> NQNF Panelboard Enclosure Surface Cover, Type 1, 20 x 44 in</p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>
<input type="checkbox"/>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: left;"> <p><b>6</b> <b>PK27GTA</b> LOAD CENTER EQUIPMENT GROUND BAR ASSY</p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>
<input type="checkbox"/>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: left;"> <p><b>126</b> <b>NQFP15</b> NQ Panelboard Acc. Filler Plate Kit qty 15</p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>
<a href="https://ezlist.schneider-electric.com">https://ezlist.schneider-electric.com</a>	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>6/2019</span> <span>Schneider EZ List - TN EDIFICIO LA COLMENA</span> </div>	
<input type="checkbox"/>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: left;"> <p><b>6</b> <b>QDL32125</b> PowerPact Q - molded case circuit breaker - 3-pole - 22kA - 240 V - 125 A</p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>
<input type="checkbox"/>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: left;"> <p><b>6</b> <b>NQMB2Q</b> NQ Panelboard Acc. Main Breaker Kit 225A, Q Frame</p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>
<input type="checkbox"/>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: left;"> <p><b>30</b> <b>QOB120</b> Mini CB, QO, 20 A, 1P, 120/240 V, 10 kA, Bolt on</p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>
<input type="checkbox"/>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: left;"> <p><b>12</b> <b>QOB230H</b> Mini CB, QO, 30 A, 2P, 120/240 V, 10 kA, Bolt on</p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>
<input type="checkbox"/>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: left;"> <p><b>6</b> <b>PK23GTAL</b> LOAD CENTER EQUIPMENT GRD BAR W/CU LUG</p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>

Tablero A/C


<input type="checkbox"/> TAC EDIFICIO LA COLMENA <span style="float: right;">Total Count: 8</span>	
<input type="checkbox"/> <b>6</b> <b>NQ430L2C</b> NQ Pnlbrd Interior 225A, 3 PH, 4 Wire, 30 CCT, Mn Lug, Cu	
<input type="checkbox"/> <b>6</b> <b>MH44BE</b> Enclosure Box - NQNF - Type 1 - Blank End Walls - 20x44x5.75in	
<input type="checkbox"/> <b>6</b> <b>NC44S</b> NQNF Panelboard Enclosure Surface Cover, Type 1, 20 x 44 in	
<input type="checkbox"/> <b>6</b> <b>PK27GTA</b> LOAD CENTER EQUIPMENT GROUND BAR ASSY	
<input type="checkbox"/> <b>144</b> <b>NQFP15</b> NQ Panelboard Acc. Filler Plate Kit qty 15	
<a href="https://ezlist.schneider-electric.com">https://ezlist.schneider-electric.com</a>	
/2019 <span style="margin-left: 200px;">Schneider EZ List - TAC EDIFICIO LA COLMENA</span>	
<input type="checkbox"/> <b>6</b> <b>QDL32200</b> PowerPact Q - molded case circuit breaker - 3-pole - 22 kA - 240 V - 200 A	
<input type="checkbox"/> <b>6</b> <b>NQMB2Q</b> NQ Panelboard Acc. Main Breaker Kit 225A, Q Frame	
<input type="checkbox"/> <b>36</b> <b>QOB260H</b> Mini CB, QO, 60 A, 2P, 120/240 V, 10 kA, Bolt on	

Tablero Emergencia

TE EDIFICIO LA COLMENA		Total Count: 10
<input type="checkbox"/>	<b>6</b> <b>NQ430L2C</b> NQ Panelboard Interior 225A, 3 PH, 4 Wire, 30 CCT, Mn Lug, Cu	
<input type="checkbox"/>	<b>6</b> <b>MH44BE</b> Enclosure Box - NQNF - Type 1 - Blank End Walls - 20x44x5.75in	
<input type="checkbox"/>	<b>6</b> <b>NC44S</b> NQNF Panelboard Enclosure Surface Cover, Type 1, 20 x 44 in	
<input type="checkbox"/>	<b>6</b> <b>PK27GTA</b> LOAD CENTER EQUIPMENT GROUND BAR ASSY	
<input type="checkbox"/>	<b>72</b> <b>NQFP15</b> NQ Panelboard Acc. Filler Plate Kit qty 15	
<a href="http://ezlist.schneider-electric.com">ezlist.schneider-electric.com</a>		
2019 Schneider EZ List - TE EDIFICIO LA COLMENA		
<input type="checkbox"/>	<b>6</b> <b>QDL32200</b> PowerPact Q - molded case circuit breaker - 3-pole - 22 kA - 240 V - 200 A	
<input type="checkbox"/>	<b>6</b> <b>NQMB2Q</b> NQ Panelboard Acc. Main Breaker Kit 225A, Q Frame	
<input type="checkbox"/>	<b>72</b> <b>QOB120</b> Mini CB, QO, 20 A, 1P, 120/240 V, 10 kA, Bolt on	
<input type="checkbox"/>	<b>12</b> <b>QOB390VH</b> Mini CB, QO, 90 A, 3P, 120/240 V, 22 kA, Bolt on	
<input type="checkbox"/>	<b>6</b> <b>SSP02BIA20PBQ1</b> NQ SURGE PROTECTION DEVICE TYPE 1 BIA 200KA 208/120V 3 PHASE 4 WIRE	



Panel de medidores

<input type="checkbox"/>	PANEL DE MEDIDORES EDIFICIO LA COLMENA	Total Count: 2
<input type="checkbox"/>	<b>4</b> <b>EZM316225CU</b> EZ Meter Branch, 225A, Ring, 6 Position, Copper, 3PH In/1PH Out	
<input type="checkbox"/>	<b>1</b> <b>EZM31200GBNBBTR</b> EZ Meter Main Busway Tap Right Side, Neutral Back, Mn Brkr, 1200A, 3PH, 65 kA	