

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“ESTUDIO DE INCREMENTO DE CARGA EN 22.9 KV PARA
SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN MEDIA TENSIÓN UN PATIO
DE COMIDAS EN EL CENTRO COMERCIAL GAMARRA MODA PLAZA -
2019”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Para Optar El Título Profesional De
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

MEDINA LOAYZA, MANUEL ADRIAN

Villa El Salvador

2019

DEDICATORIA

A Dios por darme fortalezas, a mi familia y enamorada, y a los consejos de mi revisora para sacar adelante este proyecto de investigación

AGRADECIMIENTO

Agradecer al apoyo constante de mi familia y enamorada en el transcurso de mi etapa universitaria, y sobre todo un agradecimiento especial a la ingeniera Margarita Murillo por las pautas proporcionadas a lo largo de este curso de titulación. A los docentes de mi casa de estudio que me inculcaron valores además de conocimiento y motivación hacia la carrera que más me apasiona, la ingeniería mecánica y eléctrica.

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
LISTADO DE FIGURAS	vi
LISTADO DE TABLAS	vii
INTRODUCCIÓN	viii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	9
1.2. Justificación del Problema.....	9
1.3. Delimitación del Proyecto	10
1.3.1.-Teórico	10
1.3.2.-Temporal	10
1.3.3.-Espacial.....	10
1.4. Formulación del Problema.....	10
1.4.1. Problema General	10
1.4.2. Problemas específicos	11
1.5. Objetivos	11
1.5.1. Objetivo General	11
1.5.2. Objetivos Específicos.....	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.1. Antecedentes	12
2.1.1. Nacionales	12
2.1.2. Internacionales	13
2.2. Bases Teóricas	14
2.2.1. Electrificación en media tensión	14
2.2.2. Sistema de distribución	14
2.2.2.1. Partes de un sistema de distribución	15
2.2.3. Subestaciones de distribución	16
2.2.3.1. Tipos de subestaciones de distribución	16
2.2.4. Incremento de carga	18
2.2.5. Selección de equipos eléctricos de media tensión.....	18
2.2.5.1. Cálculo de corriente de carga	19
2.2.5.2. Cálculo de caída de tensión	19
2.2.5.3. Cálculo de corriente de corto circuito.....	20

2.2.5.4. Cálculo de corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el cable (IKM)	20
2.2.5.5. Cálculo de potencia de cortocircuito	21
2.2.5.6. Cálculo de la impedancia de línea	21
2.2.5.7. Cálculo de la corriente de operación	22
2.3. Definición de términos básicos	22
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	25
3.1 Modelo de solución propuesto	25
3.1.1. Instalaciones eléctricas de media tensión existentes en el centro comercial Gamarra Moda Plaza	25
3.1.1.1. Cuarto de celdas	25
3.1.1.2. Subestación de galerías	27
3.1.1.3. Subestación Power Center	28
3.1.2. Estudio de aumento de carga en 22.9 KV	30
3.1.2.1. Cálculos para la selección del conductor adecuado	31
3.1.2.2. Cálculos para la selección de parámetros eléctricos y características de las celdas	34
3.1.2.3. cálculos para la selección de los parámetros eléctricos y características del transformador.....	38
3.2. Resultados	40
3.2.1. Conductor adecuado para suministrar energía eléctrica en media tensión un patio de comidas en el centro comercial Gamarra Moda Plaza.....	40
3.2.2. Características y parámetros eléctricos de las celdas	41
3.2.3. Características y parámetros eléctricos del transformador.....	42
CONCLUSIONES	44
RECOMENDACIONES.....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	46
ANEXOS	47

LISTADO DE FIGURAS

Figura N°1. Subestación aérea.....	17
Figura N°2. Subestación en piso.....	17

LISTADO DE TABLAS

Tabla N°1: Condiciones de instalación en la S.D. de Luz del Sur - Cuarto de celdas principal.....	26
Tabla N°2: Corrientes y caída de Tensión - Cuarto de celdas.....	26
Tabla N°3: Condiciones de instalación Cuarto de Celdas principal - Subestación N°1 Galerías.	27
Tabla N°4: Corriente y caída de Tensión - Subestación N°1 Galerías.	27
Tabla N°5: Corrientes de las celdas de Salida - Subestación N°1 Galerías.....	28
Tabla N°6: Condiciones de instalación Cuarto de Celdas principal - Subestación N°2 Power Center.	28
Tabla N°7: Corrientes y caída de Tensión - Subestación N°2 Power Center.....	29
Tabla N°8: Corrientes de las celdas de Salida - Subestación N°2 Power Center.	30
Tabla N°9: Condiciones para el estudio de aumento de carga Subestación N°2 Power Center – Subestación Patio De Comidas.....	31
Tabla N°10: Factores de condiciones reales de trabajo.....	31
Tabla N°11: Características básicas del conductor 3 – 1 x 50mm ² N2XSY 18/30 KV Subestación N°2 Power Center – Subestación Patio De Comidas.....	40
Tabla N°12: Parámetros eléctricos básicos para las celdas de media tensión Subestación N°2 Power Center – Subestación Patio De Comidas.....	41
Tabla N°13: Parámetros eléctricos básicos para el transformador Subestación N°2 Power Center – Subestación Patio De Comidas.....	43

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación pretende brindar facilidades en cómo realizar un estudio de incremento de carga en 22.9 KV para el suministro de energía eléctrica de media tensión de un patio de comidas del centro comercial Gamarra Moda Plaza, en este proyecto se brindarán los pasos de cómo realizar un estudio de aumento de carga a través de cálculos para seleccionar los parámetros eléctricos y características de los equipos que hacen posible suministrar energía eléctrica en media tensión, como lo son los transformadores, celdas de media tensión y los conductores eléctricos.

En el capítulo primero consta en describir la problemática por la cual se hace este proyecto de investigación y se trazara los objetivos a seguir, así como las delimitaciones del presente proyecto

En el segundo capítulo consistirá en citar tesis que realizaron proyectos de suministro en media tensión y estudios de factibilidad a este nivel de tensión, se explicara que es un sistema de distribución a nivel de media tensión y en las partes que se divide, así como mencionar los métodos para seleccionar los parámetros eléctricos y características de los equipos que se utilizan a niveles de media tensión.

En el tercer capítulo se realizara el estudio de aumento de carga en 22.9 KV para suministrar energía eléctrica en media tensión el patio de comidas, realizando los cálculos a través de fórmulas para seleccionar las características y parámetros eléctricos de los equipos de suministro en media tensión (transformador, celdas, conductor), después de realizar los cálculos, en los resultados se mencionara cuáles son los parámetros eléctricos y características de los conductores, celdas de media tensión y transformador para el aumento de carga en 22.9 KV y así suministrar energía eléctrica en media tensión un patio de comidas del centro comercial Gamarra Moda Plaza.

Por último, se llegará a dar las conclusiones del proyecto de investigación, indicando si se llegó a cumplir o no con los objetivos trazados.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

Siempre que exista una nueva construcción en determinados establecimientos se necesitará de suministrar de energía eléctrica al ambiente para su implementación de equipos eléctricos, aire acondicionado, iluminación, etc. en el centro comercial Gamarra Moda Plaza ubicado en el distrito de la victoria, se realizará la construcción de un patio de comidas que se ubicara en el nivel F de este establecimiento, pero no se sabe cómo suministrarla de energía eléctrica en media tensión.

El centro comercial gamarra moda plaza cuenta con 11 niveles (S3, S2, S1, A, B, C, D, E, F, G, H), los niveles comprendidos desde el S3 hasta el nivel E, son suministradas de energía eléctrica de dos subestaciones principales que son la subestación Power Center y la subestación de Galerías ambas ubicadas en el nivel S1.

Para la construcción del patio de comidas en el centro comercial no se cuenta con un estudio de aumento de carga en 22.9 KV para suministrar de energía eléctrica en media tensión el establecimiento, tampoco se tiene conocimiento de las características y parámetros eléctricos de los equipos que se utilizaran en el proyecto de suministro de energía.

Hasta la fecha no se ha realizado un estudio para seleccionar los conductores adecuados que se utilizaran para transportar la energía eléctrica en 22.9 KV desde la subestación Power Center hasta la nueva subestación del patio de comidas que se ubicara en el nivel H. Tampoco se tiene las características y parámetros eléctricos de las celdas de media tensión que se utilizaran en el proyecto de suministro así como las características del transformador que se ubicaría en la subestación del nivel H y es el equipo más importante para el suministro de energía eléctrica en media tensión en el patio de comidas del centro comercial Gamarra Moda Plaza.

1.2. Justificación del Problema

El presente proyecto se justifica en realizar un estudio de aumento de carga en media tensión para el suministro de energía eléctrica que requerirá el patio de comidas del centro comercial Gamarra Moda Plaza, este estudio brindara las

facilidades en la selección de los parámetros eléctricos y características de los equipos (transformador, celdas de media tensión, conductor) que se utilizaran para suministrar de energía eléctrica en media tensión el patio de comidas respetando las norma que implica realizar un proyecto en media tensión (2002-09-26.- R.D. N.º 018-2002-EM/DGE.) y el código nacional de electricidad – suministro (2011). Asimismo, el proyecto servirá como referencia tanto para estudiantes del área de ingeniería como para las personas interesadas en realizar proyectos de energía eléctrica en media tensión.

1.3. Delimitación del Proyecto

1.3.1.-Teórico

Este proyecto se enmarca en el área de distribución de energía eléctrica, específicamente en el estudio de equipos eléctricos de media tensión para el suministro de energía eléctrica a determinados establecimientos.

1.3.2.-Temporal

El presente proyecto comprende el periodo de octubre a noviembre del 2019.

1.3.3.-Espacial

El desarrollo del presente proyecto se realizará dentro de las instalaciones del centro comercial Gamarra Moda Plaza ubicado en el distrito de la victoria Lima – Perú.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

¿Cómo realizar un incremento de carga en 22.9 KV para suministrar energía eléctrica en media tensión un patio de comidas en el centro comercial Gamarra Moda Plaza - 2019?

1.4.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuál es el conductor adecuado para suministrar energía eléctrica en media tensión un patio de comidas en el centro comercial Gamarra Moda Plaza - 2019?
- b. ¿Cuáles serán los parámetros eléctricos y características de las nuevas celdas para suministrar energía eléctrica en media tensión un patio de comidas en el centro comercial Gamarra Moda Plaza - 2019?
- c. ¿Cuáles serán los parámetros eléctricos y características del transformador para suministrar energía eléctrica en media tensión un patio de comidas en el centro comercial Gamarra Moda Plaza - 2019?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Realizar un estudio de incremento de carga en 22.9 KV para suministrar energía eléctrica en media tensión un patio de comidas en el centro comercial Gamarra Moda Plaza – 2019.

1.5.2. Objetivos Específicos

- a. Seleccionar el conductor adecuado para suministrar energía eléctrica en media tensión un patio de comidas en el centro comercial Gamarra Moda Plaza - 2019.
- b. Seleccionar los parámetros eléctricos y características de las nuevas celdas para suministrar energía eléctrica en media tensión un patio de comidas en el centro comercial Gamarra Moda Plaza - 2019.
- c. Seleccionar los parámetros eléctricos y características del transformador para suministrar energía eléctrica en media tensión un patio de comidas en el centro comercial Gamarra Moda Plaza - 2019.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacionales

Seminario, F. (2008). *Proyecto de electrificación en media tensión para un molino de arroz*. Universidad Nacional De Ingeniería, Lima, Perú. En sus conclusiones establece que el Período de Recuperación de la Inversión (PRI) es en 2.957 años. Según los resultados de la evaluación económica el VAN a 20% (5 Años) = S/.12,402.01 y el TIR (5 Años) = 27.99%, por lo tanto, se ha determinado la conveniencia de realizar la inversión del proyecto. Como la tarifa es elegida por el usuario de acuerdo a la Norma tarifaria vigente, se recomienda solicitar a la concesionaria la tarifa MT2. Asimismo, para dar un buen uso a esta tarifa es conveniente no utilizar los equipos en horas de punta (en todo caso lo indispensable) para que la tarifa escogida siempre sea la más económica con relación a las otras dos opciones.

Jurado, J. (2006). *Proyecto para abastecimiento de energía eléctrica en media tensión para la planta de Lurín de Gloria S.A.* Universidad Nacional De Ingeniería, Lima, Perú. En sus conclusiones se ha determinado la conveniencia de invertir en el cambio de la alimentación de un sistema de baja tensión a uno de media tensión. La inversión de la instalación se recupera en un período de 21 meses.

Abarca, W. (2012). *Diseño de las instalaciones eléctricas en media tensión del Estadio Nacional de Lima – Perú*. Universidad Nacional De Ingeniería, Lima, Perú. En sus conclusiones establece que el sistema eléctrico del Estadio Nacional cuenta ahora con un sistema de respaldo de energía que le permitirá, en casos de falla del suministro normal de energía, continuar funcionando por un tiempo indefinido (dependiendo sólo del suministro de petróleo) y cubriendo el total de la carga de espectáculos y el 32% del resto de cargas. Tanto las oficinas como las instalaciones

relacionadas a los eventos deportivos o artísticos pueden funcionar en forma independiente, aún en caso de falla de la una de ellas.

Retamozo, K. (2010). *Determinación del periodo límite de mantenimiento de un sistema eléctrico de distribución radial en media tensión*. Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Huancayo, Perú. En sus conclusiones establece que, Para seguir operando un sistema de energía eléctrica, es necesario efectuar mantenimientos periódicos, a cada uno de los componentes del sistema eléctrico, esta operación se realiza de acuerdo a un plan de mantenimiento. Los métodos empleados para tomar decisiones tienen propias características en cuanto al uso y aplicaciones. El método de los Costos Promedios Totales se refiere a los costos promedio de operación y costos promedios de mantenimiento, así como de la inversión realizada, la minimización de estos costos lleva consigo también la minimización de los costos de mantenimiento y operación.

2.1.2. Internacionales

Linares, J. (2009). *Diseño de subestaciones de media tensión*. Universidad Autónoma De Occidente, Santiago de Cali, Colombia. En sus conclusiones establece que el aplicativo DimeSEMT en MS Excel para el dimensionamiento de subestaciones eléctricas de media tensión tipo exterior se enfocó en recrear la forma adecuada de suplir los requerimientos eléctricos en concordancia con los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana NTC2050 y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE. Este proyecto entrega el aplicativo MS Excel DimeSEMT como primera herramienta óptima para los procedimientos requeridos por Proyectos de Ingeniería S.A. PROING S.A. para dar respuesta a las diferentes necesidades de sus clientes en las áreas de dimensionamiento de subestaciones eléctricas de media tensión y se configura en el primer eslabón en el desarrollo de material didáctico seguro y confiable para los cursos de Diseño Eléctrico en el Departamento de energética y Mecánica de la facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Occidente.

Albornoz, L, Pérez, J. (2014). *Estudio técnico de un respaldo de energía eléctrica en media tensión a la totalidad de la comuna de hualqui que actualmente tiene un alimentador radial*. Universidad Del Bio Bio, Concepción, Chile. establece que se realizó al estudio técnico por medio del software Digsilent, donde se concluyó que se debía modificar algunos tramos de líneas para lograr el objetivo; ya que, el respaldo no era factible con los componentes actuales del circuito; puesto que no era posible transmitir la potencia y/o corriente, necesaria para Hualqui.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Electrificación en media tensión

Está compuesta de un conjunto de equipos, dispositivos y mecanismos que trabajan a niveles de media tensión, Según García (2003):

Son los diferentes tipos de instalaciones que usan los niveles de tensión desde 1 KV hasta 25 KV, estas instalaciones son de mayor uso en el sistema de distribución eléctrica que concluyen en los centros de transformación, en donde generalmente se reduce las tensiones a 400 V y 380 V, esta electrificación en media tensión se emplea para transportar las tensiones medias desde las subestaciones hasta las subestaciones de baja tensión. (p.119)

Se podrá agregar del autor que la electrificación de media tensión es la encargada de distribuir la energía eléctrica en media tensión a clientes grandes que cuentan con su propia subestación de baja tensión, además la electrificación de media tensión pertenece al sistema de distribución la cual detallaremos en el siguiente párrafo.

2.2.2. Sistema de distribución

Según Juárez (1995). "Forman una parte muy importante del sistema eléctrico de potencia, porque toda la potencia que se genera se tiene que distribuir entre los usuarios y estos se encuentran dispersos en grandes

territorios” (p.11). Se puede comentar sobre el texto de autor que el sistema de distribución es aquel que se encarga de brindar la energía eléctrica hacia los diferentes tipos de usuarios ya sean grandes o pequeños y es una parte vital de todo el sistema ya que sin la distribución los clientes o usuarios no tendrían el beneficio de usar la energía eléctrica para el comercio, construcciones o fines domiciliarios.

2.2.2.1. Partes de un sistema de distribución

Según el autor Juárez (1995) el sistema de distribución desde el lado de la ingeniería incluye lo siguiente:

a) Subestación principal de potencia

Es la subestación que recibe la potencia del sistema de transmisión y la transforma a tensiones de un sistema de subtransmisión para su distribución a lo largo de grandes territorios. (p.11).

b) Sistema de subtransmisión

Son los alimentadores que se derivan desde la subestación principal para suministrar a una subestación de distribución las tensiones que recorren las líneas son menores e iguales a los 115 KV. (p.11).

c) Subestación de distribución

Esta subestación es la encargada de recibir la potencia que proviene de los alimentadores del sistema de subtransmisión y se encarga de convertir la tensión al nivel de los alimentadores primarios, su nivel de tensión está comprendido entre 66 KV hasta 230 KV. (p.11).

d) Alimentadores primarios

Son los alimentadores que provienen de la subestación de distribución y llevan la potencia eléctrica hasta los transformadores de distribución de energía eléctrica, el nivel de tensión que circula en los alimentadores va desde 2.4 KV hasta 34.5 KV. (p.12).

e) Transformador de distribución

Este transformador de distribución es el encargado de minimizar la tensión de los alimentadores primarios a la tensión de utilización del usuario, existen diferentes tipos de transformadores de distribución normalizadas que van desde 300 KVA para los postes y para redes subterráneas desde 750 KVA, para los edificios grandes existen hasta 2000 KVA. (p.12).

f) Secundarios y servicios

Son los encargados de suministrar energía eléctrica desde el devanado secundario del transformador de distribución a los diferentes usuarios y clientes. (p.12).

2.2.3. Subestaciones de distribución

Es la parte más importante del sistema de distribución en media tensión, según Ramírez (2004):

Las subestaciones de distribución son aquellos puntos de transformación del nivel de distribución primaria al nivel de distribución secundaria. Los niveles de tensión primaria comprenden: 13.2 – 11.4 – 7.62 – 4.16 – 2.4 KV y los niveles de tensión secundaria comprende: 440 - 220 - 208 - 127 - 120 V. (p.592)

Se puede mencionar también que es la encargada de hacer que la energía eléctrica sea utilizable y de calidad para la implementación de equipos de baja tensión como lo son luminarias, aire acondicionado, sistemas de alarmas en edificios, centros comerciales y lugares con concurrencia de personas.

2.2.3.1. Tipos de subestaciones de distribución

Según el autor Ramírez (2004) las subestaciones de distribución se dividen en dos tipos:

a) subestación aérea

Son las subestaciones que cuyas características mecánicas, peso, capacidad y tamaño permiten su instalación al aire libre o en la intemperie. (p.592).

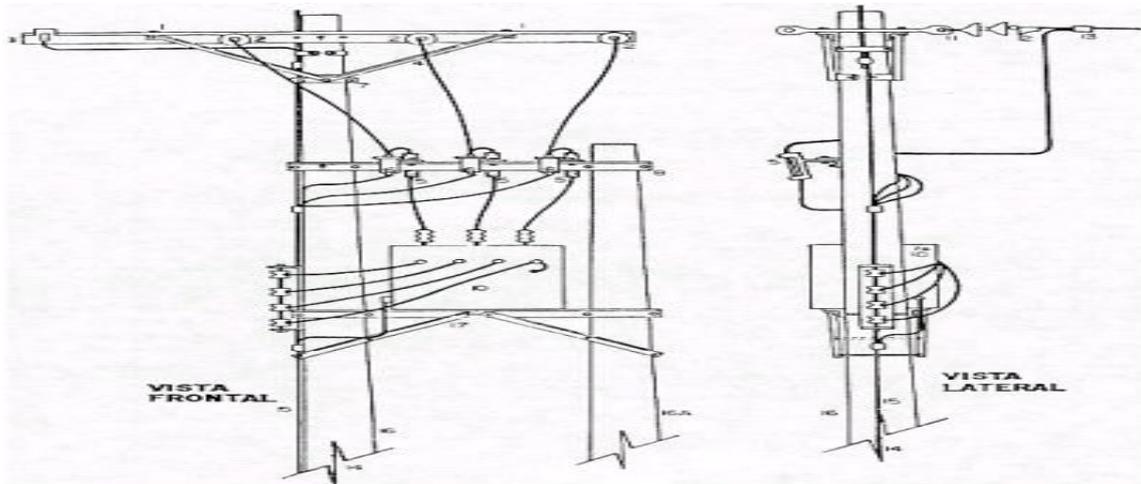


Figura N°1. Subestación aérea
Fuente: Ramírez (2004)

b) Subestación en piso

Son las subestaciones que por sus características mecánicas y de instalación son apropiadas para montarlas sobre el nivel de suelo a una altura que no supere 1 metro, estas subestaciones contienen transformadores de capacidades hasta de 500 KVA de potencia. (p.597).

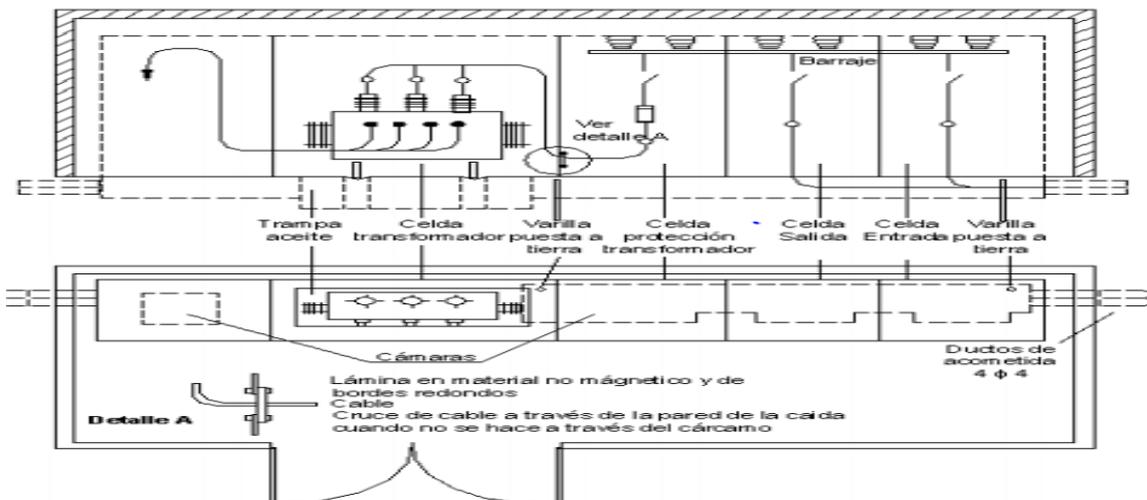


Figura N°2. Subestación en piso
Fuente: Ramírez (2004)

c) Subestación subterránea

Son las subestaciones cuyas características facilitan su montaje e instalación bajo nivel del piso en la vía pública o dentro de establecimientos particulares, para su instalación se construyen cuartos, bóvedas o zanjas mayormente contienen transformadores de gran capacidad de potencia. (p.608).

2.2.4. Incremento de carga

Según la empresa eléctrica Enel – Perú, Cuando una empresa, industria, negocio, etc. comienza a expandirse se incluyen en su ampliación nuevas máquinas, aparatos eléctricos para mejorarse como institución, cuando esto ocurre la carga eléctrica que obtenían antes de la expansión ya no será suficiente para abastecer la nueva construcción, es por esa razón que se tiene fallas eléctricas problemas con el sistema eléctrico, en esos momentos es imprescindible el denominado incremento de carga que no es más que el cambio de la potencia que un comercio obtiene para recibir un suministro de energía eléctrica más amplio. Se puede agregar al texto leído que un proyecto de incremento de carga contempla la selección adecuada de los parámetros eléctricos y características de los equipos (conductor, transformador, celdas) eléctrica que se utilizaran para el incremento de carga

2.2.5. Selección de equipos eléctricos de media tensión

Son los métodos o formas que se utilizan para seleccionar los equipos eléctricos adecuados para un proyecto eléctrico, según Juárez (1995):

La selección de los conductores de una instalación eléctrica cualquiera se inicia escogiendo el tipo de conductor adecuado en función a las condiciones de operación, es decir si se habrá de utilizar para intemperie, para clima tropical, para medio ambiente altamente contaminado, para operar sumergido en agua, directamente enterrado, o bien para que soporte la acción de productos químicos. (p.67)

Según lo descrito por el autor, se necesita saber con exactitud para que tipo de instalación se van a usar los conductores, esto también aplica para el resto de equipos eléctricos (transformador, celdas) y escogerlos bajo parámetros que existen en el sistema para su buen funcionamiento.

2.2.5.1. Cálculo de corriente de carga

Según Juárez (1995). “La corriente de carga es aquella que se obtiene cuando un sistema opera a condiciones normales de trabajo es decir con la potencia nominal y tensión nominal” (p.56). Con lo respecto a lo dicho por el autor se podría decir que es la corriente con la que opera un sistema sin fallas.

$$I_c = \frac{P(kVA)}{\sqrt{3} \times V(kV)} \dots \dots \dots (1)$$

Dónde:

P: Potencia aparente

V: Tensión nominal

2.2.5.2. Cálculo de caída de tensión

Según el autor García (2003). “La diferencia de las tensiones de línea entre dos extremos de la misma se llama caída de tensión y es consecuencia de la resistencia y reactancia de los conductores” (p.59). Se agrega del texto leído que la caída de tensión porcentual no debe ser mayor al 5% para la correcta selección de un conductor.

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times L \times I (r \cos \theta + x \sin \theta)}{1000} \dots \dots \dots (2)$$

Dónde:

L = longitud del conductor (KM)

I = intensidad de carga (A)

x = reactancia del conductor (OMH/KM)

r = resistencia del cable a su temperatura de operación (OMH/KM)

2.2.5.3. Cálculo de corriente de corto circuito

Según el autor García (2003). “La intensidad de cortocircuito es varias veces superior a la intensidad de funcionamiento normal de un sistema, el calentamiento puede ser excesivo para el conductor” (p.57). Se comenta del texto que la corriente de corto circuito es la corriente máxima que puede soportar un conductor cuando el sistema falla.

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}(Mva)}{\sqrt{3} \times V(Kv)} (KA) \dots \dots \dots (3)$$

Dónde:

P_{cc} = Potencia de corto circuito en el punto de entrega (MVA)

V = Tensión nominal (KV)

2.2.5.4. Cálculo de corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el cable (IKM)

Esta corriente está relacionada con la temperatura que soportara la misma según García (2003). “Cuando circula corriente por un conductor se produce un calentamiento del mismo todo esto por el efecto joule, aumentando su temperatura hasta que llega al equilibrio térmico cuando el calor es cedido hacia la intemperie” (p.28). Es decir, es la máxima temperatura que puede resistir el cable hasta que actúe la protección del sistema.

$$I_{km} = \frac{0.143S}{\sqrt{T}} \dots \dots \dots (4)$$

Dónde:

S = Sección del cable (mm)

T = Tiempo de actuación de la protección (s)

2.2.5.5. Cálculo de potencia de cortocircuito

Según García (2003). “Es la potencia máxima que el conductor puede soportar en caso de fallas al sistema y de pende de la corriente de cortocircuito” (p.30). Se usa para calcular las protecciones que debe tener una instalación de media tensión.

$$P_{cc} = \frac{V^2}{\sqrt{\left(\frac{V^2}{P_{cc1}} + X\right)^2 + R^2}} \dots\dots\dots (5)$$

Dónde:

V = Tensión nominal (KV)

P_{cc1} = Potencia de cortocircuito en el punto de entrega (MVA)

X = Reactancia del cable (OMH/KM)

R = Resistencia del cable (OMH/KM)

2.2.5.6. Cálculo de la impedancia de línea

Según García (2003). “Cuando se tiene seleccionado un conductor de determinada sección, se procede a calcular la impedancia de la línea en ohmios entre kilómetros” (p.58). Se entiende del autor que la impedancia de la línea es la resistencia total que se tiene del conductor escogido para un determinado proyecto.

$$Zl = \sqrt{(r \times L)^2 + (X \times L)^2} \dots\dots\dots (6)$$

Dónde:

Zl = impedancia de la línea (OMH)

x = reactancia del conductor (OMH/KM)

r = resistencia del cable a su temperatura de operación (OMH/KM)

L = longitud del conductor (KM)

2.2.5.7. Cálculo de la corriente de operación

$$I_{op} = 1.5 \times I_n \dots\dots\dots (7)$$

Dónde:

I_n = Corriente nominal del sistema

I_{op} = Corriente de operación

2.3. Definición de términos básicos

Carga máxima

Es también conocida como demanda máxima y representa la mayor carga que se presenta en un sistema eléctrico en funcionamiento, es decir, cuando todos los equipos eléctricos están en uso y funcionando constantemente.

Celda de media tensión

Las celdas de media tensión son el conjunto de dispositivos de medición, maniobra y protección para el control de la media tensión. La función principal de las celdas es recibir, y a la vez, distribuir la energía eléctrica a las cargas de una edificación.

Circuito

Es un conductor o conjunto de conductores utilizado para que a través de ellos pueda circular la corriente eléctrica.

Conexiones de media tensión

Son todas las instalaciones eléctricas que se realizan a niveles de tensión mayores a 1 KV y menores de 30 KV.

Conexiones de baja tensión

Son todas las instalaciones eléctricas efectuadas a tensiones menores de un 1 KV

Corriente de operación

Es la corriente eléctrica que se calcula para poder seleccionar un conductor y siempre es más alta que la corriente nominal con la que trabaja un sistema normalmente.

Estación de suministro eléctrico

La estación de suministro viene a ser cualquier edificación, habitación o área separada en la cual están ubicados los equipos para suministrar energía eléctrica (celdas, transformadores, tableros, etc.) y cuyo acceso es permitido por regla general solamente a personal calificado.

IEC

Comisión Eléctrica Internacional, es una organización de normalización en los campos de electricidad, electrónica y tecnologías relacionadas.

Interruptor automático

Es un dispositivo de conexión y desconexión, capaz de transportar e interrumpir la corriente eléctrica que circula por un circuito.

Línea

Es el conjunto de conductores, materiales aislantes y accesorios para transmitir electricidad entre dos puntos de un sistema eléctrico.

Línea subterránea

Son líneas de distribución eléctrica que pueden viajar con o sin ductos bajo la superficie del terreno, generalmente se instalan con conductores recubiertos por aislamientos y encaquetados que protegen el cable.

Seccionador

Es un dispositivo mecánico de conexión y desconexión ubicado dentro de la celda de media tensión utilizado para cambiar las conexiones de un circuito, o para aislar un circuito o equipo del suministro de la energía eléctrica.

Suministro eléctrico

Es el abastecimiento de energía eléctrica del concesionario al usuario o cliente respetando el régimen establecido por la Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento.

Transformador

Es una maquina eléctrica estacionaria que permite convertir las relaciones entre tensión y corriente para lograr distribuir potencia con la menor cantidad de perdidas eléctricas en el sistema.

Usuario

Es la persona natural o jurídica que es propietaria de un establecimiento y está en capacidad de hacer uso legal del suministro de energía eléctrica correspondiente.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1 Modelo de solución propuesto

3.1.1. Instalaciones eléctricas de media tensión existentes en el centro comercial Gamarra Moda Plaza

En este punto consistirá en detallar como está compuesto las instalaciones eléctricas de media tensión en el centro comercial Gamarra Moda Plaza antes de realizar el estudio de incremento de carga. El centro comercial Gamarra Moda plaza está compuesto por los niveles (S3, S2, S1, S2, S1, A, B, C, D, E, F, G, H) y se divide en el área de galerías y Power Center.

a) Galerías

Comprenden los niveles desde el S3 hasta el E, la conforman las tiendas de ropa pequeñas del centro comercial y se abastece de energía eléctrica de la subestación N°1 – galerías.

b) Power Center

Comprende los niveles desde el A hasta el E y son locales de los bancos tiendas de reconocidas marcas deportivas, supermercado, etc. Y se abastece de energía eléctrica de la subestación N°2 – Power Center.

El centro comercial se abastece de energía eléctrica suministrada por Luz Del Sur en media tensión la cual se explica en el diagrama unifilar del Anexo N°1.

3.1.1.1. Cuarto de celdas

El centro comercial Gamarra Moda Plaza se abastece de la energía eléctrica desde la subestación de luz del sur, en una celda de MT de la SED N°1665, por alimentadores subterráneos en 22.9 KV hasta la llegada a un cuarto de celdas principal ubicado en el nivel S1 del centro comercial

como se aprecia en el diagrama unifilar. Ver Anexo N°1, a continuación, se presenta las condiciones con las que se realizó su instalación:

Tabla N°1
Condiciones de instalación en la S.D. de Luz del Sur - Cuarto de celdas principal.

Parámetros	Valores
Potencia instalada proyectada	8000 KVA
Demanda máxima diversificada proyectada	3500 KW
Tensión nominal	22.9 KV
Factor de potencia	0.85
Potencia de cortocircuito en la S.D. de Luz del Sur	590 MVA
Tiempo de actuación de la protección	0.2 SEG
Temperatura del terreno	25 °C
Profundidad de instalación del cable	1.00 M
Tipo de cable	N2XSY

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta la información de las corrientes de llegada para la celda principal del cuarto de celdas y la caída de tensión en el conductor utilizado:

Tabla N°2
Corrientes y caída de Tensión - Cuarto de celdas.

Parámetros	Valores
Corriente nominal de la celda principal	201.6944 A
Corriente operacional de la celda principal	302.5416 A
Corriente en el relé temporizado	4.332 A
Corriente de cortocircuito en el cable	14.8749 KA
Corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el cable (IKM)	38.3709
Caída de tensión	234.9030 V

Fuente: Elaboración propia.

Después que la energía eléctrica ingresa al cuarto de celdas principal esta se deriva a dos celdas de salida llamadas: ver Anexo N°2

Celda de salida Galerías

Celda de salida Power Center

3.1.1.2. Subestación de galerías

Se presenta el diagrama unifilar de la subestación N°1 - Galerías en el Anexo N°3.

Desde la celda de Galerías ubicada en el cuarto de celdas principal, con un recorrido de 40 metros la energía eléctrica de deriva hacia la subestación N°1 - galerías y la recibe una celda principal de la subestación a continuación, se presenta las condiciones con las que se realizó la instalación:

Tabla N°3

Condiciones de instalación Cuarto de Celdas principal - Subestación N°1 Galerías.

Parámetros	Valores
Potencia instalada proyectada	2500 KVA
Tensión nominal	22.9 KV
Factor de potencia	0.85
Potencia de cortocircuito en el cuarto de celdas	330.16MVA
Tiempo de actuación de la protección	0.2 SEG
Profundidad de instalación del cable	1.00 M
Tipo de cable	N2XSY

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta la información de las corrientes de llegada para la celda principal de la subestación N°1 – galerías y la caída de tensión en el conductor utilizado:

Tabla N°4

Corriente y caída de Tensión - Subestación N°1 Galerías.

Parámetros	Valores
Corriente nominal de la celda principal	63.0295 A
Corriente operacional de la celda principal	94.5443 A
Corriente en el relé temporizado	4.7272 A
Corriente de cortocircuito en el cable	8.32 KA
Corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el cable (IKM)	15.9879
Caída de tensión	2.4096 V

Fuente: Elaboración propia.

La celda principal de la subestación N°1 – galerías deriva la energía eléctrica hacia 2 transformadores de distribución a través de dos celdas de salida que brindaran energía eléctrica a todas las galerías pequeñas del centro comercial gamarra moda plaza estas dos celdas de salida son:
Ver Anexo N°4

Celda de salida T1

Celda de salida T2

A continuación, se brindan la corriente nominal y de operación de las celdas de salida, sabiendo que cada celda de salida alimenta a un transformador de 1250 KVA cada uno, se tiene:

Tabla N°5
Corrientes de las celdas de Salida - Subestación N°1 Galerías.

Celdas	Corriente nominal	Corriente operación
Celda de salida T1	31.5157 A	47.2735 A
Celda de salida T2	31.5157 A	47.2735 A

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.3. Subestación Power Center

Se presenta el diagrama unifilar de la subestación N°2 – Power Center en el Anexo N°5.

Desde la celda de Power Center ubicada dentro del cuarto de celdas principal se transporta la energía eléctrica a una distancia de 130 metros hacia la subestación N°2 – Power Center en esta subestación existe una celda principal que recibe la energía eléctrica, a continuación, se menciona las condiciones de instalación del sistema:

Tabla N°6
Condiciones de instalación Cuarto de Celdas principal - Subestación N°2 Power Center.

Factores	Valores
Potencia instalada proyectada	5500 KVA

Tensión nominal	22.9 KV
Factor de potencia	0.85
Potencia de cortocircuito en el cuarto de celdas	330.16MVA
Tiempo de actuación de la protección	0.2 SEG
Profundidad de instalación del cable	1.00 M
Tipo de cable	N2XSY

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta la información de las corrientes de llegada para la celda principal de la subestación N°2 – Power Center y la caída de tensión en el conductor utilizado:

Tabla N°7
Corrientes y caída de Tensión - Subestación N°2 Power Center.

Factores	Valores
Corriente nominal de la celda principal	138.6649 A
Corriente operacional de la celda principal	207.9974 A
Corriente en el relé temporizado	4.7272 A
Corriente de cortocircuito en el cable	8.32 KA
Corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el cable (IKM)	15.9879
Caída de tensión	12.9416 V

Fuente: Elaboración propia

La celda principal de la subestación N°2 – Power Center deriva la energía eléctrica hacia 4 transformadores de distribución a través de 4 celdas de salida que brindan energía eléctrica a los bancos, tiendas de marcas reconocidas, supermercado, etc. También deriva una acometida para una salida futura que posteriormente se utilizara para la subestación del patio de comidas estas 4 celdas de salida son: Ver Anexo N°6

Celda de salida supermercado – subestación N°3

Celda de salida locatarios – subestación N°5

Celda de salida T1

Celda de salida T2

Salida futura – subestación patio de comidas

Cada una de estas celdas alimentan a un respectivo transformador, la celda de supermercado, locatarios, fueron diseñadas para una potencia de 1000 KVA.

En cambio, las celdas de salida T1 Y T2 fueron diseñadas para una potencia de 1250 KVA, a continuación, se presenta las corrientes nominales y de operación de cada celda de salida según su potencia a transmitir.

Tabla N°8
Corrientes de las celdas de Salida - Subestación N°2 Power Center.

Celdas	Corriente nominal	Corriente de operación
Celda de salida supermercado	25.2118 A	37.8177 A
Celda de salida locatarios	25.2118 A	37.8177 A
Celda de salida T1	31.5157 A	47.2735 A
Celda de salida T2	31.5157 A	47.2735 A

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Estudio de aumento de carga en 22.9 KV

La construcción del patio de comidas requiere de 1600 KVA de potencia para su funcionamiento, esta potencia es igual a las sumas de todas las cargas eléctricas que se usaran dentro de esta construcción (locatarios, iluminación, aire acondicionado, detección y alarma, etc.).

Se requiere suministrar de energía eléctrica en media tensión el patio de comidas en el centro comercial Gamarra Moda Plaza por ende se realizará el presente estudio.

Se utilizará la salida futura ubicada dentro de la subestación de Power Center, se instalará una celda en la respectiva salida futura y desde esa celda se tenderán los alimentadores hasta llegar al nivel H del centro comercial gamarra moda plaza, en el nivel H se ubicará la subestación del patio de comidas. que contendrá una celda de remonte y una celda de salida como también un transformador, Véase Anexo N°7.

Con esta descripción se pasa a realizar el estudio de aumento de carga en 22,9 KV para suministrar de energía eléctrica en media tensión un patio de comidas en el centro comercial gamarra moda plaza y así seleccionar los componentes de media tensión que se utilizaran en el proyecto.

3.1.2.1. Cálculos para la selección del conductor adecuado

El conductor tendrá un recorrido de 185 metros, su punto de partida será la salida futura ubicada en la subestación N°2 - Power Center y el punto de llegada la subestación del patio de comidas que se ubicará en el nivel H del centro comercial, tal como se muestra en el diagrama unifilar del Anexo N°8.

A continuación, se detallan las condiciones para el dimensionamiento del conductor en 22.9 KV que transportara la energía eléctrica hacia la subestación del patio de comidas

Tabla N°9

Condiciones para el estudio de aumento de carga Subestación N°2 Power Center – Subestación Patio De Comidas.

Condiciones	Valores
Potencia instalada proyectada	1600 KVA
Tensión nominal	22.9 KV
Factor de potencia	0.85
Potencia de cortocircuito de la subestación N°2 Power Center	317.588MVA
Tiempo de actuación de la protección	0.2 SEG
Temperatura del terreno	25 °C
Tipo de instalación	AEREA
Tipo de cable	N2XSY

Fuente: Elaboración propia.

a) Selección del conductor por corriente de carga (Ic)

Primero se halla el factor equivalente por condiciones de instalación:

Tabla N°10

Factores de condiciones reales de trabajo.

Factores	Valores
Factor de resistencia térmica del suelo 120 (°C-cm/W) (Fr)	1.09

Factor de temperatura del suelo 25°C. (Ft)	1
Factor de profundidad de instalación Fp	1
Factor de agrupamiento de cables por ductos Fa	0.85

Fuente: Elaboración propia.

Factor de corrección total = $F_{eq} = 1.09 \times 1.00 \times 1.00 \times 0.85 = 0.9265$

A continuación, se calcula la corriente de carga según la ecuación 1

$$I_c = \frac{P(kVA)}{\sqrt{3} \times V(kV)} = \frac{1600}{\sqrt{3} \times 22.9} = 40.3389A$$

Luego se verifica la capacidad de corriente de la terna del conductor 3 – 1 x 50mm² N2XSY 18/30 KV. Ver Anexo N°9

I_t = capacidad de corriente del cable = 280A

I_d = corriente de diseño = $F_{eq} \times I_t = 259.42A$

Con esto se puede notar que:

$$I_d = 259.49A > I_c = 40.3389A$$

Por lo tanto, el conductor adecuado será el cable 3 – 1 x 50mm² N2XSY 18/30 KV con capacidad nominal de 280A.

b) Cálculo de la caída de tensión

A continuación, se calcula la caída de tensión con la ecuación 2 se utilizarán los siguientes parámetros del conductor 3 – 1 x 50mm² N2XSY 18/30 KV. Ver Anexo N°9

$L = 185m$

$r = 0.494ohm/km$

$x = 0.2761ohm/km$

$I_c = 40.3389A$

$$\text{Cos}\alpha = 0.85$$

$$\text{Sen}\alpha = 0.52678$$

Reemplazando valores se obtiene:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times L \times I (r \cos \theta + x \sin \theta)}{1000}$$
$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times 185 \times 40.3389 (0.494 \cos \theta + 0.2761 \sin \theta)}{1000}$$
$$\Delta V = 8.0321$$
$$\% \Delta V = 0.0351$$

c) Cálculo de la corriente de cortocircuito en el cable

Condiciones de cálculo:

$$P_{cc} = \text{Potencia de corto circuito subestación Power Center} = 317.588$$

$$V = 22.9 \text{KV}$$

$$T = 0.2 \text{s}$$

Se calcula la corriente de corto circuito con la ecuación 3.

Reemplazando valores:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}(\text{Mva})}{\sqrt{3} \times V(\text{Kv})} \text{ (KA)}$$

$$I_{cc} = \frac{317.588}{\sqrt{3} \times 22.9}$$

$$I_{cc} = 8.007 \text{kA}$$

d) Cálculo de la corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el cable (IKM)

Se calcula la corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el cable con la ecuación 4.

Reemplazando datos con la sección del cable 3 – 1 x 50mm² N2XSY 18/30 Kv:

$$I_{km} = \frac{0.143S}{\sqrt{T}}$$
$$I_{km} = \frac{0.143 \times 50}{\sqrt{0.2}}$$
$$I_{km} = 15.987886$$

Anteriormente se calculó el valor de la corriente de corto circuito I_{cc} y se obtuvo que:

$$I_{cc} = 8.007 \text{ Ka}$$

Entonces se tiene que:

$$I_{km} > I_{cc}$$

Por ende, la sección del cable 3 – 1 x 50mm² N2XSY 18/30 Kv es la correcta

3.1.2.2. Cálculos para la selección de parámetros eléctricos y características de las celdas

Las celdas soportaran la misma carga, por ende, se realiza el estudio de una de ellas y selecciona sus parámetros eléctricos y características para todas con el estudio realizado, una celda se ubicará en la subestación N°2 Power center, esta celda aperturará el circuito para transportar la energía eléctrica hasta la recepción de dos celdas, la primera de remonte y la segunda de salida que estarán ubicadas en la subestación del patio de comidas del nivel H.

Para seleccionar los parámetros eléctricos y características de las celdas se calcula los siguientes valores:

I_{cc} : corriente de falla

In: corriente nominal del transformador en amperios

Iop: corriente nominal de operación de la protección

Pcc3: potencia de cortocircuito de la subestación patio de comidas (MVA)

Y se trabaja con las siguientes condiciones para el estudio de aumento de carga en 22.9 KV

Tabla N°9

Condiciones para el estudio de aumento de carga Subestación N°2 Power Center – Subestación Patio De Comidas.

Condiciones	Valores
Potencia instalada proyectada	1600 KVA
Tensión nominal	22.9 KV
Factor de potencia	0.85
Potencia de cortocircuito de la subestación N°2 Power Center	317.588MVA
Tiempo de actuación de la protección	0.2 SEG
Temperatura del terreno	25 °C
Tipo de instalación	AEREA
Tipo de cable	N2XSY

Fuente: Elaboración propia.

a) Cálculo de la potencia de cortocircuito en la subestación patio de comidas

Se tiene los siguientes datos y también se utilizarán los parámetros del conductor 3 – 1 x 50mm² N2XSY 18/30 KV. Ver Anexo N°9

Potencia de cortocircuito en la subestación Power Center = 317.59 KVA

Longitud de recorrido de cable = 85 metros

r = 0.494ohm/km

x = 0.2761ohm/km

Cosα = 0.85

Senα = 0.52678

Se calcula la impedancia de la línea Zl según la ecuación 6

$$Zl = \sqrt{(r \times L)^2 + (X \times L)^2}$$

$$Zl = \sqrt{(0.494 \times 0.185)^2 + (0.2761 \times 0.185)^2}$$

$$Zl = 0.1047$$

Ahora se calcula la impedancia total

$$Zt = Zl + \frac{V^2}{Pcc1}$$

$$Zt = 0.1047 + \frac{22.9^2}{317.588}$$

$$Zt = 1.7559$$

Se calcula la potencia de cortocircuito de la subestación patio de comidas usando la ecuación 5

$$Pcc = \frac{V^2}{\sqrt{\left(\frac{V^2}{Pcc1} + X\right)^2 + R^2}}$$

$$Pcc = \frac{V^2}{ZT}$$

$$Pcc = \frac{22.9^2}{1.7559}$$

$$Pcc = 298.6560MVA$$

b) Cálculo de las corrientes nominales y de operación para las celdas de remonte y protección de la subestación patio de comidas

A continuación, se calcula la corriente nominal de llegada a la celda de remonte en la subestación patio de comidas con la ecuación 1

$$In = \frac{P(kVA)}{\sqrt{3} \times V(kV)}$$

$$In = \frac{1600}{\sqrt{3} \times 22.9}$$

$$I_n = 40.3389A$$

Después de hallar la corriente nominal se halla la corriente de operación para la celda de protección con la ecuación 7.

$$I_{op} = 1.5 \times I_n$$

$$I_{op} = 1.5 \times 40.3389$$

$$I_{op} = 60.5084A$$

c) Cálculo de la corriente nominal y de operación para la celda de salida de la subestación patio de comidas

A continuación, se calcula la corriente nominal en la celda de salida del patio de comidas que alimentara al transformador ubicado en la subestación, se utiliza la ecuación 1.

$$I_n = \frac{P(kVA)}{\sqrt{3} \times V(kV)}$$

$$I_n = \frac{1600}{\sqrt{3} \times 22.9}$$

$$I_n = 40.3389A$$

Ahora se calcula la corriente de operación de la celda de salida con la ecuación 7.

$$I_{op} = 1.5 \times I_n$$

$$I_{op} = 1.5 \times 40.3389$$

$$I_{op} = 60.5084A$$

d) Cálculo de la corriente de cortocircuito en la celda de salida de la subestación del patio de comidas

Para hallar la corriente de cortocircuito en la celda de salida de la subestación patio de comidas se usa la ecuación 3, al reemplazar los valores se tiene:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}(Mva)}{\sqrt{3} \times V(Kv)} (KA)$$

$$I_{cc} = \frac{317.588}{\sqrt{3} \times 22.9}$$

$$I_{cc} = 8.007kA$$

3.1.2.3. cálculos para la selección de los parámetros eléctricos y características del transformador

La potencia aparente que se requiere para el patio de comidas es de 1600 KVA por ende se necesita de un transformador de dicha potencia, ahora se procede a calcular los siguientes datos.

Potencia de cortocircuito

Corriente de cortocircuito

Corriente de carga en el devanado primario

Se trabajará con las siguientes condiciones para los cálculos de selección del transformador.

Tabla N°9

Condiciones para el estudio de aumento de carga Subestación N°2 Power Center – Subestación Patio De Comidas.

Condiciones	Valores
Potencia instalada proyectada	1600 KVA
Tensión nominal	22.9 KV
Factor de potencia	0.85
Potencia de cortocircuito de la subestación N°2 Power Center	317.588MVA
Tiempo de actuación de la protección	0.2 SEG
Temperatura del terreno	25 °C
Tipo de instalación	AEREA
Tipo de cable	N2XSY

Fuente: Elaboración propia.

a) Cálculo de la potencia de cortocircuito en el transformador

Se calcula la potencia de cortocircuito para el transformador ubicado en la subestación patio de comidas, sabiendo que la impedancia total del sistema calculada anteriormente es:

$$Z_t = 1.7559\text{ohm}$$

Se utiliza la ecuación 5

$$P_{CC} = \frac{V^2}{\sqrt{\left(\frac{V^2}{P_{CC1}} + X\right)^2 + R^2}}$$

$$P_{CC} = \frac{V^2}{Z_T}$$

$$P_{CC} = \frac{22.9^2}{1.7559}$$

$$P_{CC} = 298.6560\text{MVA}$$

b) Cálculo de la corriente de cortocircuito en el transformador

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en el transformador ubicada en la subestación del patio de comidas se utiliza la ecuación 3, al reemplazar los valores se tiene:

$$I_{CC} = \frac{P_{CC}(\text{Mva})}{\sqrt{3} \times V(\text{Kv})} \text{ (KA)}$$

$$I_{CC} = \frac{317.588}{\sqrt{3} \times 22.9}$$

$$I_{CC} = 8.007\text{kA}$$

c) Cálculo de la corriente de carga en el devanado primario del transformador

Para el cálculo de la corriente de carga en el devanado primario del transformador se utiliza la ecuación 1, al reemplazar los valores se obtiene:

$$In = \frac{P(kVA)}{\sqrt{3} \times V(kV)}$$

$$In = \frac{1600}{\sqrt{3} \times 22.9}$$

$$In = 40.3389A$$

3.2. Resultados

En este capítulo se brindan como resultado las características y parámetros eléctricos de los equipos (conductor, celdas, transformador) para suministrar energía eléctrica en media tensión un patio de comidas en el centro comercial gamarra moda plaza y así lograr los objetivos trazados en el capítulo I.

3.2.1. Conductor adecuado para suministrar energía eléctrica en media tensión un patio de comidas en el centro comercial Gamarra Moda Plaza

Según los cálculos el conductor adecuado para suministrar energía eléctrica en media tensión al patio de comidas del centro comercial sería:

El conductor 3 -1 x 50 mm² N2XSY 18/30 KV.

Con temperatura del conductor de 90°C para operaciones normales y 130° para cuando exista una sobrecarga de emergencia, también de 250°C si existiese un cortocircuito, debe de tener excelentes propiedades contra el envejecimiento por calor, resistencia a la abrasión y humedad, adecuada resistencia a las grasas y aceites y que no propague la llama

En conclusión, debe presentar las siguientes características:

Tabla N°11

Características básicas del conductor 3 – 1 x 50mm² N2XSY 18/30 KV Subestación N°2 Power Center – Subestación Patio De Comidas.

Parámetros	Valores
Material del conductor	Cobre
material de aislamiento	XLPE
Material semiconductor interno	Compuesto extruido
Material de semiconductor externo	Compuesto extruido pelable
Pantalla	Cinta de cobre, helicoidal
Libre de plomo	si
Cubierta exterior	PVC

tensión nominal de servicio	18/30 KV
no propagación de la llama	IEC 60332-1
resistencia a aceites	Buena
Calibre	50mm ²
temperatura máxima operativa	90°

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Características y parámetros eléctricos de las celdas

Las celdas para suministrar energía eléctrica en media tensión un patio de comidas en el centro comercial gamarra moda plaza deberán ser de la misma marca y modelo compatible con las celdas existentes en la subestación N°2 – Power Center

Las características de las celdas serán:

Las celdas deberán tener una capacidad de 630Amp, deberá poseer indicadores capacitivos redundantes por fase de presencia de tensión.

El sistema de celdas será del tipo compacta teniendo como características generales:

Extensibilidad, modularidad, operación y explotación sencilla sin mantenimiento, reducido tamaño, elevado nivel de protección de bienes y personas, resistente a la corrosión, estanqueidad, resistencia a la polución, etc.

Sus parámetros eléctricos serán:

Tabla N°12

Parámetros eléctricos básicos para las celdas de media tensión Subestación N°2 Power Center – Subestación Patio De Comidas.

Parámetros	Valores
Tensión nominal del sistema	22.9 KV
Frecuencia	60 HZ
Numero de fases	3 FASES
Clase de aislamiento de la celda	24 KV
Corriente nominal de la celda	630 A
Corriente de corta duración	20 KA
Clasificación de arco interno	IAC AFL
Clasificación de pérdida de continuidad de servicio	LSC 2A - PM
Altitud	1000 MSNM
Acometida	Inferior
Acceso	Frontal

Fuente: Elaboración propia.

Las celdas deberán tener el siguiente equipamiento:

Un Kit de terminal para cable seco unipolar de 24kV, 3-1x50 mm² N2XSY 18/30kV.

Un conjunto Seccionador – Interruptor tripolar de actuación rápida de apertura bajo carga de 24kV, 630A, 20kA en SF6, ampliación y sustitución sin manipulación de gas.

Tres aisladores capacitivos con lámparas indicadoras de presencia de tensión 24kV.

Un relé multifunción con protecciones 50/51, 50N/51N, 46,49 con puerto de comunicación RS 485.

Tres transformadores de corriente para protección y medición 75/5A, 15VA 5P20, cl 0.2.

Cuchillas de PAT.

Barra colectora de puesta a tierra de estructura y chasis de aparatos, de cobre electrolítico de 3x30mm.

Certificaciones Exigibles: Certificación de resistencia ante arco interno según IEC 62271-200, 100, 102, 105.

3.2.3. Características y parámetros eléctricos del transformador

El transformador que se ubicará en la subestación del patio de comidas y convertirá la energía eléctrica en media tensión a baja tensión tendrán las siguientes características.

Los transformadores serán:

Auto soportadas de ejecución modular, para instalación interior, construida de perfiles angulares, con cubiertas frontal y techo, fabricado en plancha de fierro laminado.

La base del transformador estará construida con perfiles angulares, deberá ser sometido a tratamiento anticorrosivo, acabado en pintura con base de sin cromato y esmalte al horno.

Sus parámetros eléctricos básicos serán:

Tabla N°13

Parámetros eléctricos básicos para el transformador Subestación N°2 Power Center – Subestación Patio De Comidas.

Parámetros	Valores
Potencia nominal continua	1600 KVA
Tensión primaria	22.9 KV
Tensión secundaria	0.38 KV
Frecuencia	60 HZ
Fases	3 + 1N
Sobre elevación máxima de temperatura a plena carga	40°C
Conexión	Estrella-Estrella-22.9 KV
Grupo	YNyn6-22.9 KV
Número de bornes AT	3 + 1N
Número de bornes BT	3 + 1N
Fabricación	Según normas CEI60726
Tensión de cortocircuito	6%Vn
Tensión de impulso	125 KV
Enfriamiento	AN
Servicio	Continuo
Nivel de ruido	menos a 60db
Pérdidas en vacío del transformador	4100 W
Pérdidas en carga	15000 W

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

- a) En este proyecto de investigación se seleccionó el conductor adecuado para suministrar energía eléctrica en media tensión un patio de comidas en el centro comercial gamarra moda plaza - 2019.
- b) En este proyecto de investigación se seleccionó los parámetros eléctricos y características de las nuevas celdas para suministrar energía eléctrica en media tensión un patio de comidas en el centro comercial gamarra moda plaza - 2019.
- c) En este proyecto de investigación se seleccionó los parámetros eléctricos y características del transformador para suministrar energía eléctrica en media tensión un patio de comidas en el centro comercial gamarra moda plaza – 2019.

Se llegó a la conclusión general, que se realizó el estudio de aumento de carga en 22.9 KV para suministrar energía eléctrica en media tensión un patio de comidas en el centro comercial Gamarra Moda Plaza - 2019, por ende, el centro comercial cuenta ahora con las características y parámetros eléctricos de los equipos de media tensión (conductor, celdas, transformador) para el proyecto de suministro en 22.9 KV del patio de comidas, y así se puedan comprar los equipos adecuados sabiendo los parámetros eléctricos y características hallados en este proyecto de investigación.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio de interferencias del recorrido de los conductores que van desde el sótano 1 hasta el nivel H, ya que en el centro comercial Gamarra Moda Plaza existen diferentes instalaciones (sanitarias, eléctricas, aire acondicionado) que pueden interferir en el recorrido del conductor eléctrico que suministrara energía eléctrica en media tensión al patio de comidas.

Se recomienda realizar un estudio de ventilación para la subestación del patio de comidas por el calentamiento que producirá el transformador en funcionamiento, a fin de evitar futuras fallas en el suministro de energía eléctrica de media tensión para el patio de comidas.

Se recomienda que se procure comprar los equipos de suministro eléctrico en media tensión de la misma marca que existen dentro del centro comercial Gamarra Moda Plaza.

Cuando se efectuó la compra de los equipos de suministro en media tensión (transformador, celdas, conductor) se recomienda que se verifique correctamente que cuenten con los parámetros eléctricos y características que se dieron en los resultados de este proyecto de investigación.

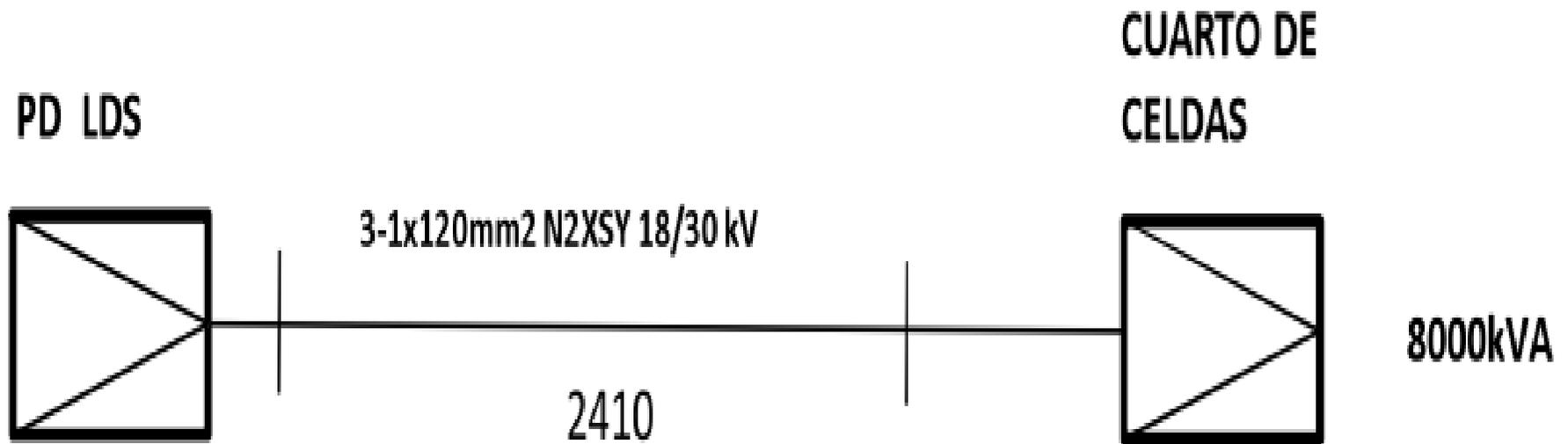
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abarca, W. (2012). Diseño de las instalaciones eléctricas en media tensión del estadio nacional de Lima – Perú. *Trabajo de suficiencia profesional*. Universidad nacional de ingeniería, Lima.
- Albornoz, L. Pérez, J. (2014). Estudio técnico de un respaldo de energía eléctrica en media tensión a la totalidad de la comuna de hualqui que actualmente tiene un alimentador radial. Trabajo de titulación. Universidad Del Bio Bio, Concepción
- García, J. (2003). Instalaciones eléctricas en media y baja tensión. Madrid: Paraninfo S.A.
- Juárez, j. (1995). Sistemas de distribución de energía eléctrica. Ciudad de México: San serif editores.
- Jurado, J. (2006). Proyecto para abastecimiento de energía eléctrica en media tensión para la planta de Lurín de Gloria S.A. *Trabajo de suficiencia profesional*. Universidad nacional de ingeniería, Lima.
- Linares, J. (2009). Diseños de subestaciones de media tensión. *Proyecto de grado*. Universidad autónoma de occidente, Santiago de Cali
- Ramírez, S. (2004). Redes de distribución de energía. Bogotá: Manizales
- Retamozo, K. (2010). Determinación del periodo límite de mantenimiento de un sistema eléctrico de distribución radial en media tensión . *Proyecto de tesis*. Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Huancayo.
- Seminario, F. (2008). Proyecto de electrificación en media tensión para un molino de arroz. *Trabajo de suficiencia profesional*. Universidad nacional de ingeniería, Lima.

ANEXOS

ANEXO N°1

Diagrama Unifilar S.D. Luz del Sur - Cuarto de celdas.

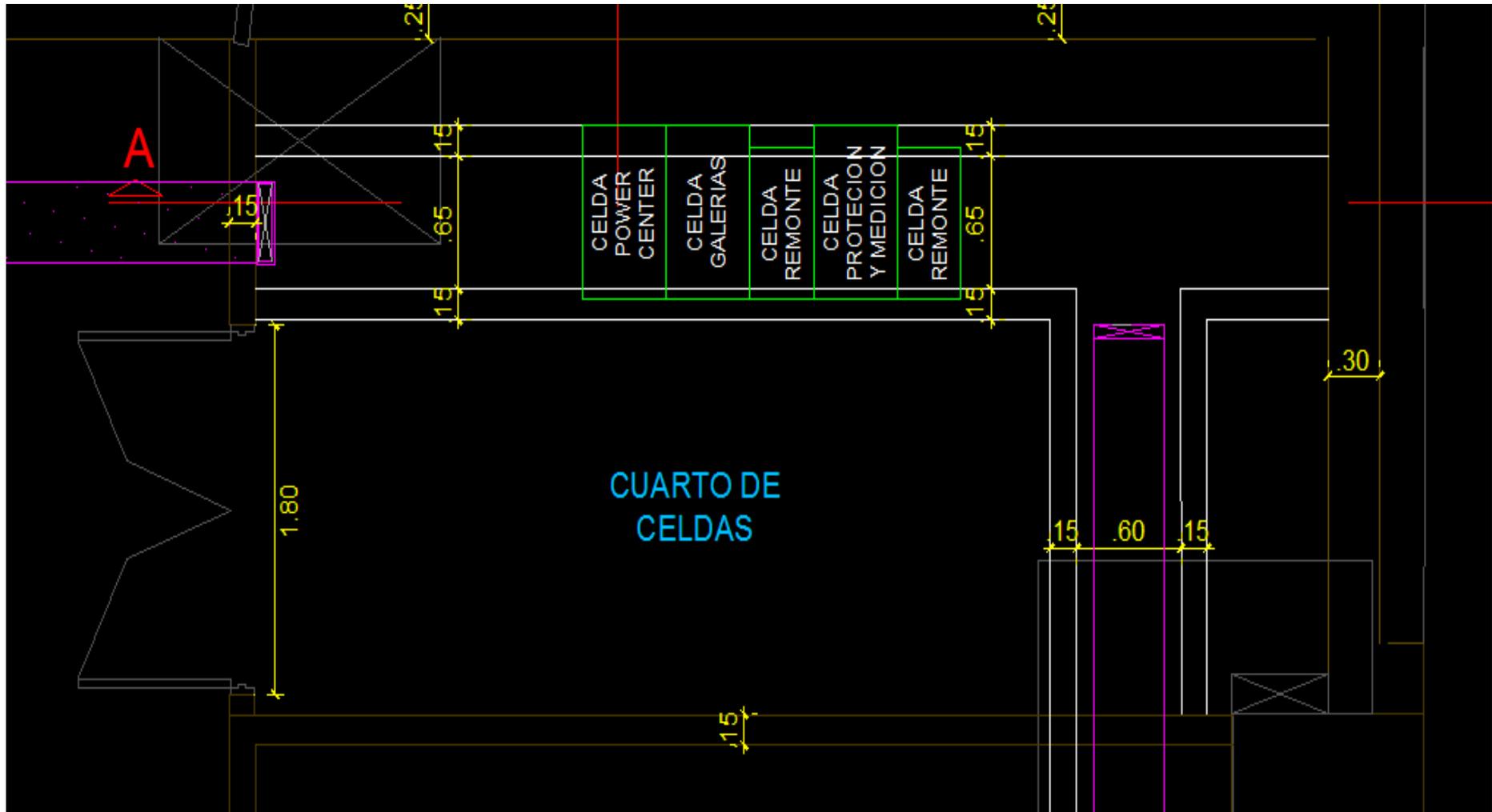


$P_{cc_1} = 590 \text{ MVA}$

$T_{op} = 0,2 \text{ seg.}$

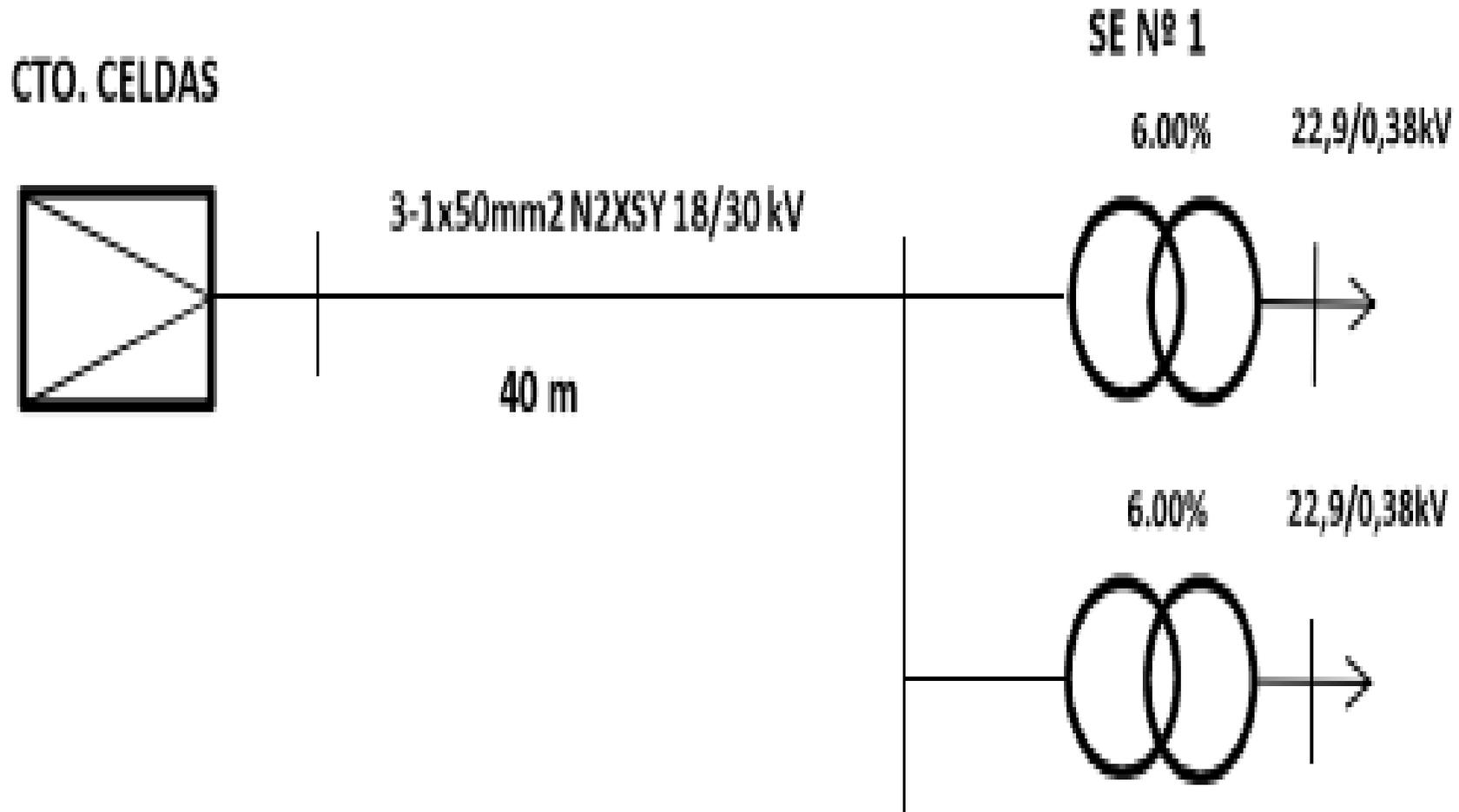
ANEXO Nº2

Plano – Cuarto de celdas.



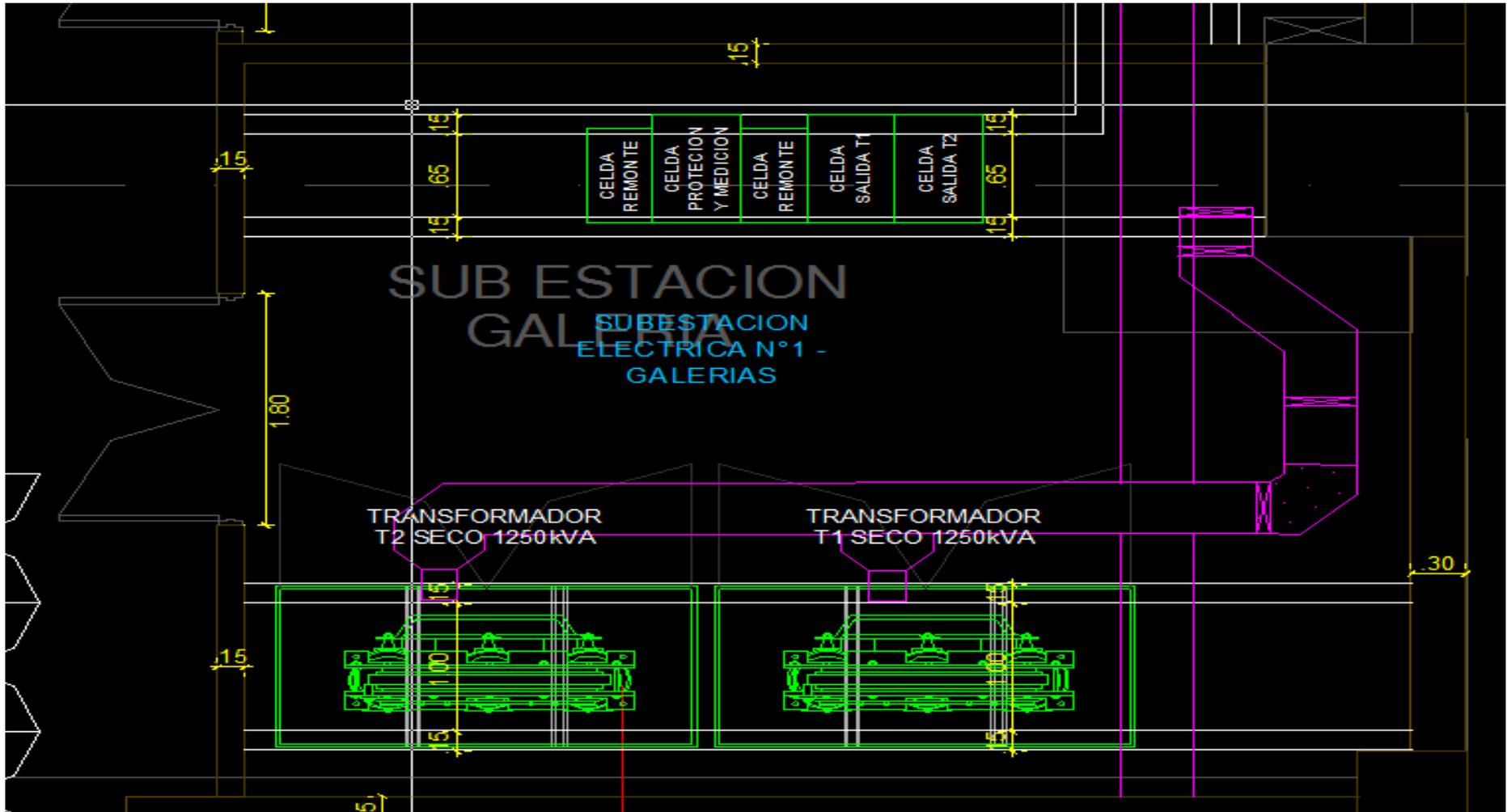
ANEXO N°3

Diagrama Unifilar Cuarto de celdas – Subestación Galerías.



ANEXO Nº4

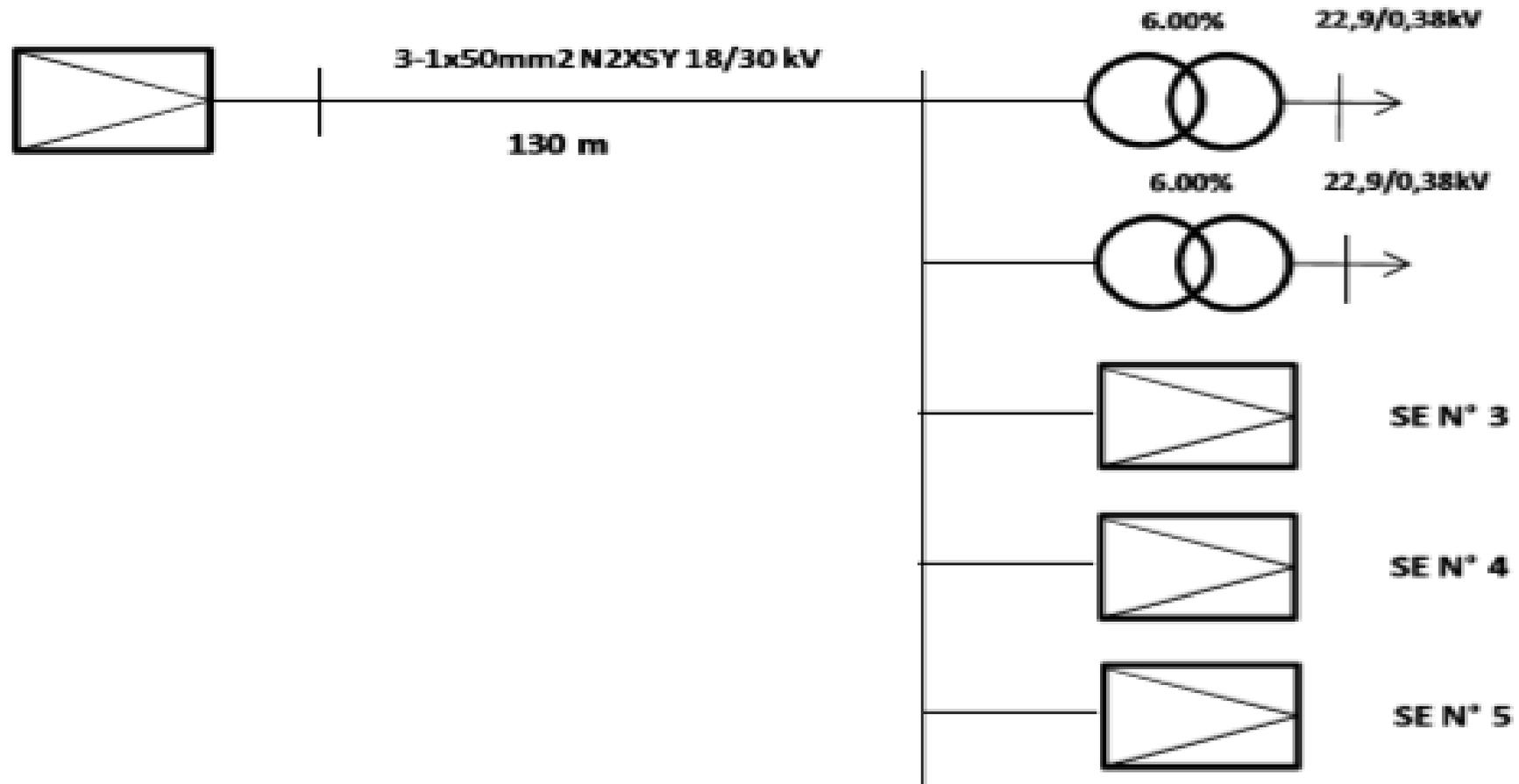
Plano – Subestación Galerías.



ANEXO N°5

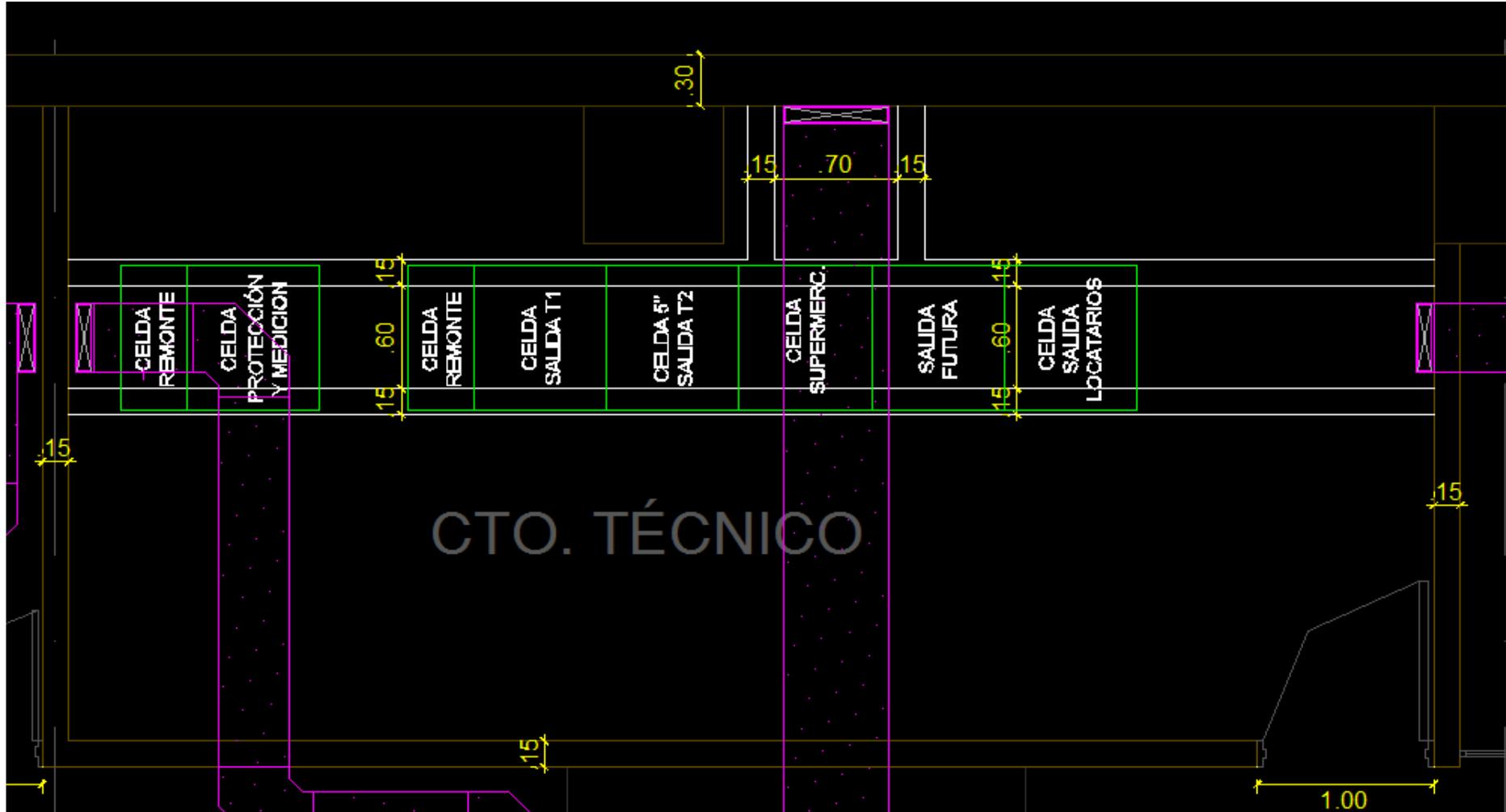
Diagrama Unifilar Cuarto de celdas – Subestación Power Center.

CTO. CELDAS



ANEXO N°6

Plano – Subestación Power Center.



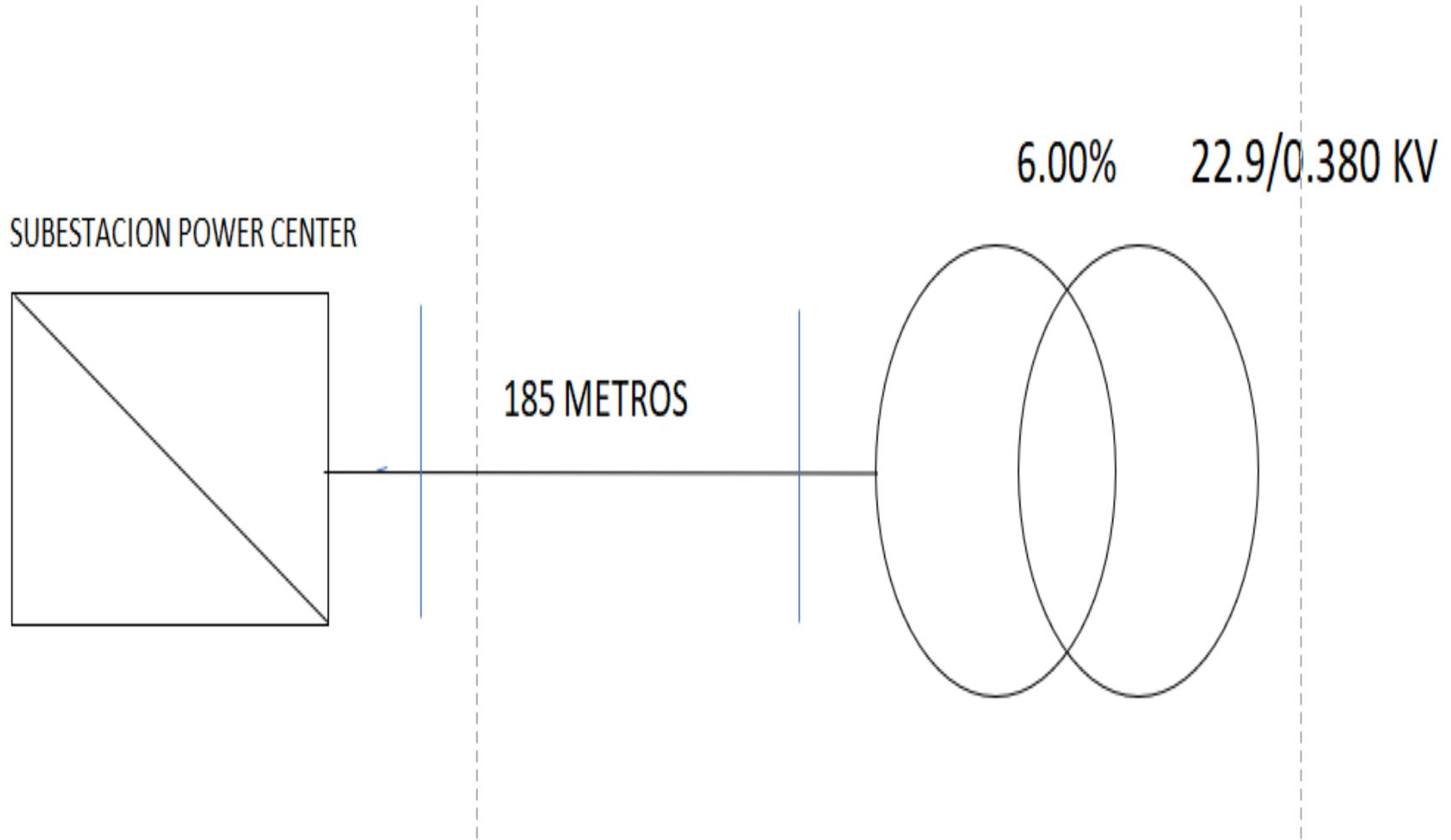
ANEXO N°7

Plano – Subestación Patio de comidas.



ANEXO N°8

Diagrama Unifilar Subestación Power Center – Subestación Patio de comidas.



ANEXO N°9

Datos eléctricos del conductor 3-1x50 mm² N2XSY 18/30kV

SECCION NOMINAL	RESISTENCIA DC a 20°C	RESISTENCIA AC		REACTANCIA INDUCTIVA		AMPACIDAD ENTERRADO (20°C)		AMPACIDAD AIRE (30°C)	
		(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
		Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km				
50	0.387	0.494	0.494	0.2761	0.1711	250	230	280	245
70	0.268	0.342	0.342	0.2638	0.1622	305	280	350	300
95	0.193	0.247	0.247	0.2528	0.1539	365	330	425	365
120	0.153	0.196	0.196	0.2439	0.1471	410	375	485	420
240	0.0754	0.098	0.098	0.2211	0.1317	580	545	720	630
300	0.0601	0.078	0.08	0.2143	0.1278	645	610	815	720
500	0.0366	0.05	0.052	0.2004	0.1194	770	765	1015	930