

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“DISEÑO DEL SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN MEDIA TENSIÓN 22,9KV
(OPERACIÓN INICIAL 10KV) PARA SUMINISTRAR ENERGÍA
ELÉCTRICA A LAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA MDH-PD S.A.C”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

CCAPA ROJAS, PEDRO

Villa El Salvador

2019

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por ser un pilar fundamental en mi enseñanza. A todos los profesores que me guiaron en este camino para poder alcanzar mi meta de ser un profesional. A todos mis amigos que me apoyaron en la realización de este trabajo de suficiencia.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi madre y hermanos quienes siempre me han apoyado en todos mis objetivos propuestos y me han ayudado a cumplirlo, a ellos muchas gracias.

ÍNDICE

CAPITULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Justificación.....	1
1.2.1 Tecnológica.....	1
1.2.2 Económica.....	2
1.3 Delimitación de la investigación	2
1.3.1 Teórica.....	2
1.3.2 Temporal	2
1.3.3 Espacial	2
1.4 Formulación del problema.....	2
1.4.1 Problema general.....	2
1.4.2 Problemas específicos	3
1.5 Objetivos de trabajo de suficiencia profesional.....	3
1.5.1 Objetivos generales	3
1.5.2 Objetivos específicos.....	3
CAPITULO II.....	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1 Antecedentes.....	4
2.2 Bases teóricas	8
2.2.1 Sistema de utilización	8
2.2.2 Subestación de transformación eléctrica.....	16
2.2.3 Transformador de potencia	20
2.2.3 Transformadores de medición (tensión y de corriente y mixtos).....	21
2.2.4 Transformador de distribución.....	27
2.2.5 Celdas en media tensión.....	28
2.2.6 Fusibles media tensión	29
2.2.7 Interruptores de Potencia de Media Tensión.....	31
2.2.8 Descargadores y limitadores de sobretensión	32
2.2.9 Seccionadores.....	33
2.2.10 Interruptores-seccionadores	35
2.2.11 Sistema puesta a tierra.....	36
2.2.12 Conductores	37
2.2.13 Red subterránea.....	38

2.2.14 Red aérea.....	40
2.2.15 Formulas.....	41
2.3 Definiciones de términos básicos	45
CAPITULO III	47
DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL.....	47
3.1 Modelo de solución propuesto.....	47
3.2 Resultados.....	47
3.2.1 Selección del transformador de distribución.....	48
3.2.2 Calculo del cable de energía	52
3.2.3 Calculo de la corriente de cortocircuito	54
3.2.4 Calculo de la potencia y corriente de cortocircuito en subestación de llegada. 55	
3.2.5 Calculo de la caída de tensión en subestación de llegada	58
3.2.6 Dimensionamiento de fusible en M.T.....	59
3.2.7 Calculo de la puesta a tierra	62
3.2.8 Calculo de radio de curvatura del cable	63
3.2.9 Cálculos de ventilación	65
3.3 Lugar de ejecución	67
3.4 Cronograma de actividades	68
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	72

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1 ACOMETIDA AÉREA	11
FIGURA 2 ACOMETIDA SUBTERRÁNEA	13
FIGURA 3 ACOMETIDA AÉREO – SUBTERRÁNEA	15
FIGURA 4 SUBESTACIÓN AÉREA MONO POSTE.....	17
FIGURA 5 SUBESTACIÓN BIPOSTE	18
FIGURA 6 SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN COMPACTA TIPO BÓVEDA.....	19
FIGURA 7 SUBESTACIÓN COMPACTA TIPO PEDESTAL	20
FIGURA 8 TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	24
FIGURA 9 TRANSFORMADOR DE TENSIÓN	26
FIGURA 10 FUSIBLE DE MEDIA TENSIÓN	30
FIGURA 11 DESCARGADOR Y LIMITADORES DE TENSIÓN	33
FIGURA 12 SECCIONADOR	34
FIGURA 13 INTERRUPTOR SECCIONADOR	36
FIGURA 14 POTENCIAS DE TRANSFORMADORES COMERCIALES	50
FIGURA 15 CURVA CARACTERÍSTICA TIEMPO INTENSIDAD	60
FIGURA 16 CURVA CARACTERÍSTICA TIEMPO INTENSIDAD	61
FIGURA 17 TABLA RADIO DE CURVATURAS – CABLES DE ALTA TENSIÓN.....	64
FIGURA 18 LUGAR EJECUCIÓN DEL PROYECTO	67
FIGURA 19 PLANO EN VISTA DE PLANTA, CORTES Y DETALLES	72
FIGURA 20 PLANO UBICACIÓN GEOGRÁFICA SUBESTACIÓN PROYECTADA	73

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1 RESUMEN DE RESULTADOS	67
TABLA 2 CRONOGRAMA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	68

INTRODUCCION

El presente trabajo está enfocado en el diseño de una subestación particular para la empresa MDH SAC, ya que requiere aumentar de equipos industriales, áreas de logística y administrativa, para el cual requerirá aumentar su demanda de energía eléctrica.

Como parte del trabajo se realizará el cálculo y selección del transformador, fusibles, conductor eléctrico, celdas y puesta a tierra; además para el correcto cálculo nos apoyaremos del código nacional de electricidad y normas técnicas peruanas actuales.

Finalmente se desarrollará los planos mecánicos de la subestación con la distribución de los equipos el cual estará como parte de los anexos.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Para analizar esta problemática es necesario mencionar su causa, la cual es abastecer la demanda de energía. La MDH-PD S.A. La cual se dedica a la fundición de metales no ferrosos provenientes de diversas minas del interior del país, desea abrir una nueva planta de fundición en Lima para poder abastecer la gran demanda que requiere.

Esta nueva planta estará compuesta por equipos de alto consumo de energía, dentro de los cuales tenemos equipos de laboratorio que están conformados por hornos de fundición, planchas de calentamiento, grandes hornos industriales, motores eléctricos, como también un sistema de iluminación tanto en planta como en sus distintos ambientes administrativos, dichos equipos energizados en baja tensión no serían muy convenientes económicamente debido a sus altas tarifas eléctricas, por lo tanto, a lo expuesto y en función a las necesidades de la gran industria se decidió realizar el diseño de un sistema de utilización y subestación eléctrica para la MDH-PD S.A a la tarifa en media tensión más económica y beneficiaria designadas por Osinergmin..

La implementación de una nueva planta de fundición en Lima; garantiza el mejor desarrollo de la empresa, así como de los productos para la cual esta empresa en su plan de expansión.

Por lo cual es necesario que se le suministre energía eléctrica para sus instalaciones; mediante un sistema de utilización en 22,9kV y el diseño del equipamiento Electromecánico de una Subestación Tipo Convencional

1.2 Justificación

1.2.1 Tecnológica

Con el dimensionamiento adecuado de equipos electromecánicos para brindar la mejor seguridad a las personas ya sea en la operatividad y/o mantenimiento de los equipos. Este trabajo busca suministrar de energía eléctrica mediante el dimensionamiento de los equipos electromecánicos para una correcta y adecuada selección de equipos.

Es por eso que la calidad de estos equipos es parte muy importante ya que están relacionados con la seguridad de las personas. Por tal motivo la tecnología que debemos de usar debe ser la más adecuada y la de mayor confiabilidad y cumpla la normativa del sector.

1.2.2 Económica

Fijándonos en la parte económica de este proyecto podemos enfatizarlo independiente del nivel económico de la empresa la cual busca mejorar su producción y en consecuencia contar con los recursos necesarios para poder satisfacer las necesidades de los clientes.

1.3 Delimitación de la investigación

1.3.1 Teórica

Para la elaboración de este proyecto las áreas de conocimiento que se deben de tener en cuenta son las ciencias aplicadas tales como la ingeniería eléctrica e ingeniería mecánica.

1.3.2 Temporal

El tiempo que llevo realizar este proyecto desde su fase inicial hasta la puesta en marcha es del mes de agosto hasta diciembre del presente año.

1.3.3 Espacial

La planta de fundición está ubicada en Pasaje Lobatón N° 120, distrito de Santa Anita, provincia y departamento de Lima.

1.4 Formulación del problema

En base a la investigación observada y mirando el planteamiento del problema nos hacemos las siguientes preguntas:

1.4.1 Problema general

¿Cómo diseñar el sistema de utilización en media tensión 22,9kv (operación inicial 10kv) para suministrar energía eléctrica a las instalaciones de la empresa MDH-PD S?A.C?

1.4.2 Problemas específicos

¿Cuál será el transformador de distribución para la subestación convencional adecuado para la empresa MDH-PD S.A.C?

¿Qué conductor eléctrico será el más adecuado para el recorrido desde el PMS hasta la subestación convencional?

¿Cuál será la capacidad de corriente del fusible de protección para las celdas de llegada y protección de la subestación?

¿Cuánto será el valor de la resistencia de la puesta a tierra para la subestación convencional de la empresa MDH-PD S.A.C?

1.5 Objetivos de trabajo de suficiencia profesional

1.5.1 Objetivos generales

Diseñar el sistema de utilización en media tensión 22,9kv (operación inicial 10kv) para suministrar energía eléctrica a las instalaciones de la empresa MDH-PD S.A.C

1.5.2 Objetivos específicos

Seleccionar el transformador de distribución para la subestación convencional para la empresa MDH-PD S.A.C

Dimensionar el conductor eléctrico adecuado el cual tendrá el recorrido desde el PMS hasta la subestación convencional.

Calcular la capacidad de corriente del fusible de protección para las celdas de llegada y protección de la subestación.

Calcular la resistencia de la puesta a tierra para la subestación convencional de la empresa MDH-PD S.A.C

.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Bravo (2018). En su proyecto diseño del sistema de utilización en media tensión a nivel de 22,9 kv y subestación tipo caseta de 10 00 kva para la empresa de congelados Gutierrez. Tesis para optar el grado en ingeniero mecánico electricista. Universidad Católica de Santa María. Perú, en sus conclusiones manifiesta que:

Se ha logrado el diseño de un sistema de utilización en media tensión a nivel de 22,9 kv y subestación tupo caseta compuesto por transformador de potencia 1 000 KVA (IMVA) 22,9/0,44-0.23 KV DE MARCA Epli S.A.C con equipos de control de temperatura y gases que exige la norma DGE, y protección mediante celda de seccionamiento automático SMA DMI-A y celda de remonte para entrada de cables GAM-2 de marca Schneider, que satisfacen las necesidades y demanda de energía de la empresa “Congelados Gutiérrez S.A”.

Se logró el diseño de la acometida aérea mediante postes C.A.C de 13/400 desde el punto de diseño hasta el predio de la empresa “Congelados Gutierrez S.A”, estos constituyen los armados de alineamiento A_1 y fin de línea donde se encuentra el sistema de medición PMI, también se diseñó la acometida subterránea hacia el interior del predio hasta llegar a la subestación caseta mediante tubos de PVC SAP de 4” Ø y buzón de concreto, estas instalaciones cumplen con las distancias de seguridad dispuestas de las normas CNE y DGE.

Se determinó la información técnica requerida de los materiales y/o equipo eléctrico donde se detalla las dimensiones físicas y características eléctricas de cada uno, como también de su montaje electromecánico que se utilizaron en el presente proyecto de tesis. La información técnica fue recolectada de catálogos de los fabricantes como también de las actuales normas DGE y CNE.

Toda selección de materiales y/o equipos para el dimensionamiento de red primaria aérea, red primaria subterránea y subestación tipo caseta, fueron sustentados mediante cálculos justificativos eléctricos y mecánicos cumpliendo valores máximos y mínimos de acuerdo a las normas DGE y CNE. Cabe mencionar que se despreció los cálculos mecánicos del

conductor aéreo CAAPI por la corta longitud del tramo aéreo (<200m), por lo tanto, la ubicación y/o disposición de los postes C.A.C se realizó en base a la fisonomía de las calles y avenidas del zona del proyecto.

La protección del personal contra descargas hacia tierra se diseñó mediante unidades de puesta a tierra, conformados por conductores de cobre desnudo y varillas de cobre puro 3/4” de diámetro, compactado con cemento conductor y sal industrial para el cumplimiento de resistencias máximas ($R < 25$ ohms lado primario y $R < 10$ ohms lado secundario). En lado primaria se adiciono hilos a tierra en postes de alineamiento A-1, en armado fin de línea PMI se adiciona unidad a tierra para seccionadores CUT OUT y ferreterías eléctricas, y otra unidad a tierra para protección de del transformador de media. En la subestación tipo caseta se adiciona unidad a tierra para equipos de media tensión (transformador, terminaciones exteriores y celdas de seccionamiento MS6), y en lado secundario otra unidad a tierra para equipos de baja tensión.

Se logró la elaboración de planos de alineamiento A-1 y armado fin de línea (sistema de medición PMI) para la red primaria aérea, plano electromecánico de la subestación tipo caseta, plano de señalización eléctrica en subestaciones y redes primarias, plano de planimetría y ubicación de estructuras y diagrama unifilar, dichos planos se encuentran a escala en vistas y detalles.

Oshiro (2014). En su proyecto de implementación de un sistema de utilización en media tensión en 22,9 kv de la planta de cerámicos Atlas S.A.C. de 400,63 kW de potencia y niveles de tensión de 460 voltios para las máquinas de 230 voltios para equipos auxiliares e iluminación. Tesis para optar el grado en ingeniero mecánico electricista. Universidad nacional de ingeniería. Perú, en sus conclusiones manifiesta que en respuestas a las Hipótesis planteadas:

- a) Si es posible el suministro de materiales y equipos, los cuales fueron seleccionados y aprobados por Hidrandina S.A., según consta en el documento de Conformidad de Proyecto N ° GOHN-3655-2008 del 23-12-08

La compra de los materiales las realizó el propietario con recursos propios, verificándose la calidad y sus especificaciones técnicas según proyecto aprobado,

con el Ingeniero Supervisor de Hidrandina S.A. antes de su instalación. Los equipos como transformadores y postes fueron probados en fábrica su buen funcionamiento y calidad antes de su traslado a obra.

En las pruebas eléctricas del transformador combinado de medida (trafomix), participó personal de Hidrandina para verificar la clase precisión de 0,2.

- b) Si es posible la instalación de los materiales y equipos, se presentó un Cronograma de actividades y el procedimiento de instalación al Ingeniero Supervisor; la ejecución de la obra fue en coordinación con la Supervisión.
- c) Al finalizar la obra se efectuó la inspección y las pruebas de los materiales Y equipos eléctricos, realizadas por el ingeniero Residente antes de solicitar a la comisión nombrada por Hidrandina S. A.
- d) Si es posible el Conexionado del Sistema Eléctrico, para lo cual finalizado la obra se efectuó las pruebas e inspección final con la comisión nombrada por Hidrandina, según consta en el Acta de Inspección y Pruebas N° GR/P-POTIP-004-2009 del 20-01-2009 (ver Anexo N° 13). El concesionario emitió la Conformidad Técnica de Obra con documento N °GOHN-1841-2009 del 05-06- 2009 (ver Anexo N° 1). Con la firma del contrato, se coordinó para la conexión en el punto de diseño y energización en la subestación.

Realizadas la Pruebas Finales de los niveles tensión, la diferencia entre el estándar y lo logrado deberá ser del 4% ($460 \pm 18,4$ Voltios) y ($230 \pm 9,2$ Voltios), según lo estipulado por el Código Nacional de Electricidad - Utilización 201 I(Regla 050-102) y se indican a continuación: Para las máquinas: 458 Voltios. (441,6- 478,4 Voltios), si cumple Para iluminación y equipos auxiliares: 227 Voltios. (220,5 - 239,5 Voltios), si cumple.

Por lo cual se concluye lo siguiente: "Ha sido factible la implementación de un Sistema de Utilización en Media Tensión en 22,9 kv de la planta de Cerámicos ATLAS S.A.C. de 400,63 kW de potencia y niveles de tensión de $460 \pm 18,4$ Voltios para las máquinas y $230 \pm 9,2$ Voltios para equipos auxiliares e iluminación".

Montero (2015). En su proyecto sistema de utilización en 22.9 kv, 3Ø para el varadero de embarcaciones artesanales en el distrito de los órganos. Tesis para optar el título de ingeniero electricista. Universidad nacional del callao. Perú, en sus conclusiones manifiesta que El desarrollo de la investigación, ha permitido identificar aspectos de las redes en MT que evidencian que esta tecnología debe ser considerada como una alternativa importante.

Las plantas transforman la energía con alto voltaje en energía con medio voltaje por medio de subestaciones, después pasan a los transformadores y la transforman en energía de bajo voltaje para que llegue a los locales. En el camino se va perdiendo energía debido a varios factores. En las casas se utilizan watts por comodidad para realizar los pagos en la CFE, ya que se mide la cantidad de transferencia de energía en un determinado tiempo, ya que el volt se refiere únicamente a la circulación de la corriente sin especificar el tiempo en que ocurre, por lo que es más difícil cobrar. A cada casa le corresponde un determinado voltaje (constante), aunque no se utilice todo, ya que los watts que consumen los aparatos eléctricos varía. Así mismo existen varias opciones tarifarias que la distribuidora da a conocer la elección.

Un circuito eléctrico es una serie de elementos o componentes eléctricos, tales como resistencias, inductancias, condensadores y fuentes, o electrónicos, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales eléctricas.

La interrelación correcta implica que los distintos elementos tienen que estar conectados electrónicamente, de modo que sus partes metálicas situadas en los terminales de conexión se mantengan en contacto para permitir el paso de la corriente. Generalmente, un circuito eléctrico está sujeto a una entrada o excitación y se producirá una respuesta o salida a dicha entrada.

Por consiguiente, La importancia de los instrumentos eléctricos de medición es incalculable, ya que mediante el uso de ellos se miden e indican magnitudes eléctricas, como corriente, carga, potencial y energía, o las características eléctricas de los circuitos, como la resistencia, la capacidad, la capacitancia y la inductancia. Además que permiten localizar las causas de una operación defectuosa en aparatos eléctricos en los cuales, como es bien sabidos, no es posible apreciar su funcionamiento en una forma visual, como en el caso de un aparato mecánico.

Las mediciones eléctricas se realizan con aparatos especialmente diseñados según la naturaleza de la corriente; es decir, si es alterna, continua o pulsante. Los instrumentos se clasifican por los parámetros de voltaje, tensión e intensidad.

Grández (2013). En su proyecto de diseño y montaje electromecánico de un sistema de utilización en m.t. en 10-22.9 kv, 3 ϕ para la electrificación del fundo del sr. Martin Ramos Ramos. Tesis para optar el grado en ingeniero mecánico electricista. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú, en sus conclusiones manifiesta que El objetivo general de este estudio se cumplió de manera cabal y satisfactoria, pues al término del diseño y montaje electromecánico se llegó a alimentar de energía eléctrica al fundo del Sr. Martin Ramos Ramos ubicado en el distrito de Sullana, provincia de Sullana y Departamento de Piura.

Al realizar los cálculos correspondientes y bases del diseño se pudo determinar la máxima demanda para así poder dimensionar la potencia del transformador y elegir el adecuado, que pueda abastecer al fundo del Sr. Martin Ramos Ramos.

Se realizaron los cálculos mecánicos satisfaciendo en su totalidad la selección de materiales adecuados a las normas vigentes peruanas para el montaje.

Al efectuarse los cálculos eléctricos se pudo, satisfactoriamente, justificando de esta manera la selección de los diversos materiales utilizados en el montaje electromecánico.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Sistema de utilización

Un sistema de utilización es aquel constituido por el conjunto de instalaciones eléctricas de media tensión, comprendida desde el punto de entrega hasta los bornes de baja tensión del transformador, destinado a suministrar energía eléctrica a un predio. Estas instalaciones pueden estar ubicadas en la vía pública o en propiedad privada, excepto la subestación tipo caseta, que siempre deberá instalarse en la propiedad del Interesado. Se entiende que quedan fuera de este concepto las electrificaciones para usos de vivienda y centros poblados.

Los niveles de tensión utilizados para un Sistema de Utilización son los siguientes mencionados:

- Media Tensión: 10, 13,2, 22,9 Kv

Acometida eléctrica

Parte de la instalación de una conexión comprendida desde la Red de Distribución Secundaria hasta los bornes de entrada de la caja de conexión o la caja de toma; incluye el empalme y los cables o conductores instalados.

Se dispondrá de una sola acometida por edificación, sin embargo podrán instalarse acometidas independientes para edificaciones cuyas características especiales así lo aconsejen. Todos los elementos de la acometida deberán en lo posible permanecer en el lado exterior del inmueble.

Acometida Aérea

Aquella cuya derivación se efectúa desde una red de distribución secundaria aérea y que cumple con los requisitos de acometida aérea establecidos por la norma DGE 011-CE-1.

El aislamiento de los conductores de los cables multipolares será aislados o cubiertos con material termoplástico o con otro de características similares, y serán del tipo concéntrico. Los conductores tendrán una capacidad de corriente suficiente para la carga de servicio. El calibre mínimo a utilizarse será el indicado en la norma DGE correspondiente.

La distancia de separación:

- a) Sobre el techo. El paso de la acometida sobre el techo de un edificio deberá ser evitado y cuando ello no sea posible deberá guardar la distancia mínima.
- b) Sobre el suelo. Los conductores de la acometida aérea deberán tener una distancia mínima de 3m sobre veredas y vías peatonales. 120 La distancia

mínima sobre vías públicas motorizadas será la estipulada para los conductores de la red secundaria.

- c) Desde aberturas en inmuebles. Los conductores de acometida tendrán una separación no menor de 1m de ventanas, puertas, salidas de emergencia o aberturas semejantes.

La derivación de la acometida desde la red secundaria debe efectuarse de tal manera que los conductores, postes y otros elementos que garanticen la estabilidad de la red no resulten afectados en su integridad. La derivación de la acometida en un punto cualquiera a lo largo del vano, se deberá efectuar de acuerdo con la Norma DGE correspondiente. En zonas donde existan condiciones de congelamiento que puedan dañar el cable, deberá considerarse mayor profundidad.

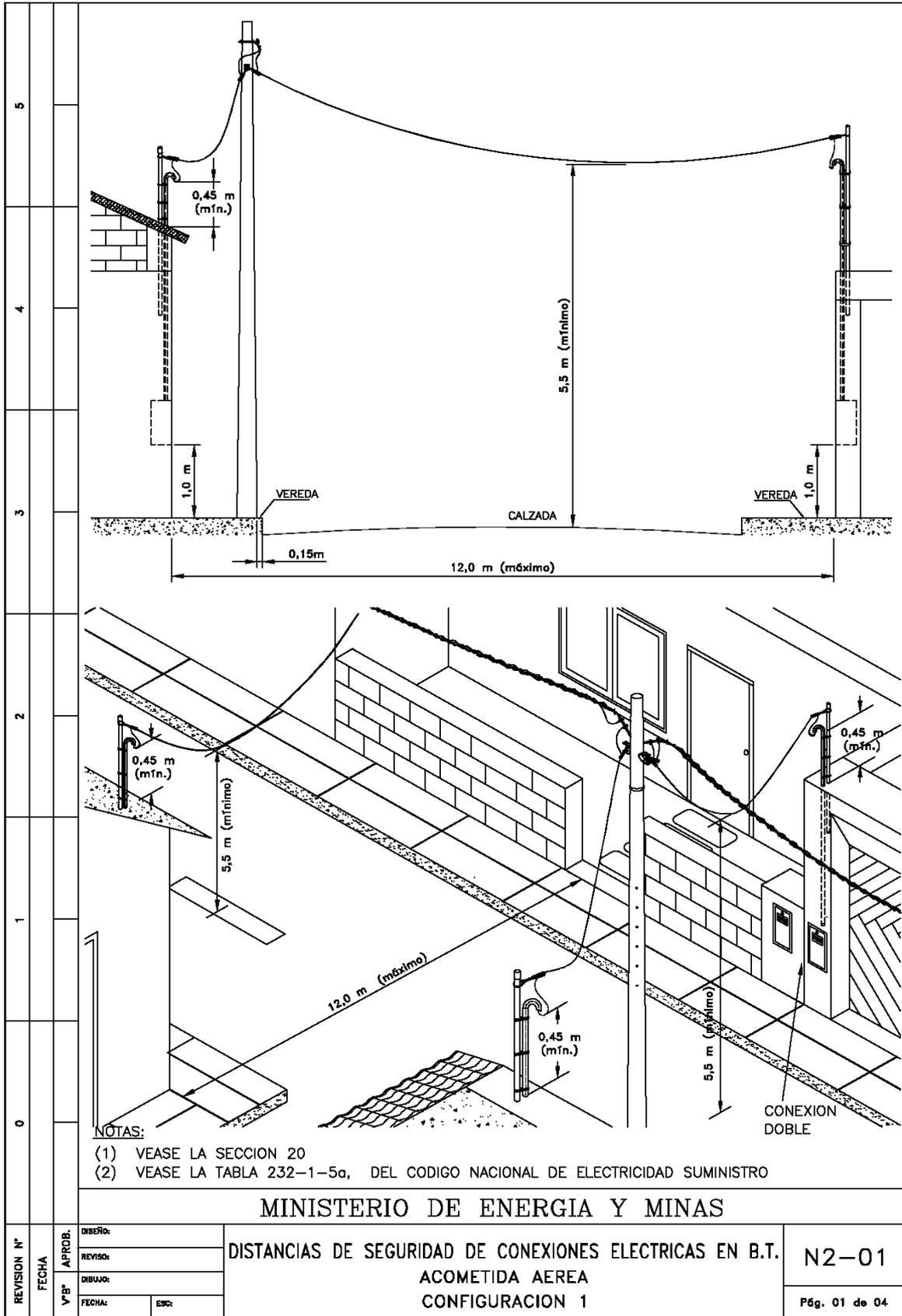


Figura 1 Acometida aérea

Fuente: Norma DGE Conexiones eléctricas en baja tensión en zonas de concesión de distribución.

Acometida subterránea

Aquella cuya derivación se efectúa desde una red de distribución secundaria subterránea y que cumple con los requisitos de acometida subterránea establecidos en la norma DGE 011-CE-1.

La capacidad y sección de los conductores serán de una sección suficiente para la carga de servicio, y no serán menores a las secciones indicadas en la Norma DGE correspondiente.

Los conductores de acometida subterránea no deberán pasar por el subsuelo de otro inmueble; debiendo guardar en cuanto a su trazo las distancias mínimas prescritas en el Código Nacional de Electricidad, con respecto a otras redes subterráneas de agua, desagüe, teléfono y gas. En los planos N°s CE-5 y 5a se indica diversos detalles correspondientes a este tipo de instalación.

La tubería o canalización conectada a un sistema de alimentación subterráneo deberá ser sellada en uno o en ambos extremos, a fin de prevenir el ingreso de agua o de gases, cuando se requiera de acuerdo a la experiencia.

La separación entre un sistema de conductos y otras estructuras subterráneas puestas en paralelo, será lo suficientemente amplia para que permita el mantenimiento del sistema sin ocasionar daños a las estructuras puestas en paralelo.

Toda acometida subterránea o aéreo/subterránea deberá ser instalada en el lado del predio que no esté ocupado por la acometida de agua, desagüe, teléfono, televisión por cable o sistema de gas. Su longitud será no mayor de cuatro metros (4 m) y doce metros (12 m) respectivamente.

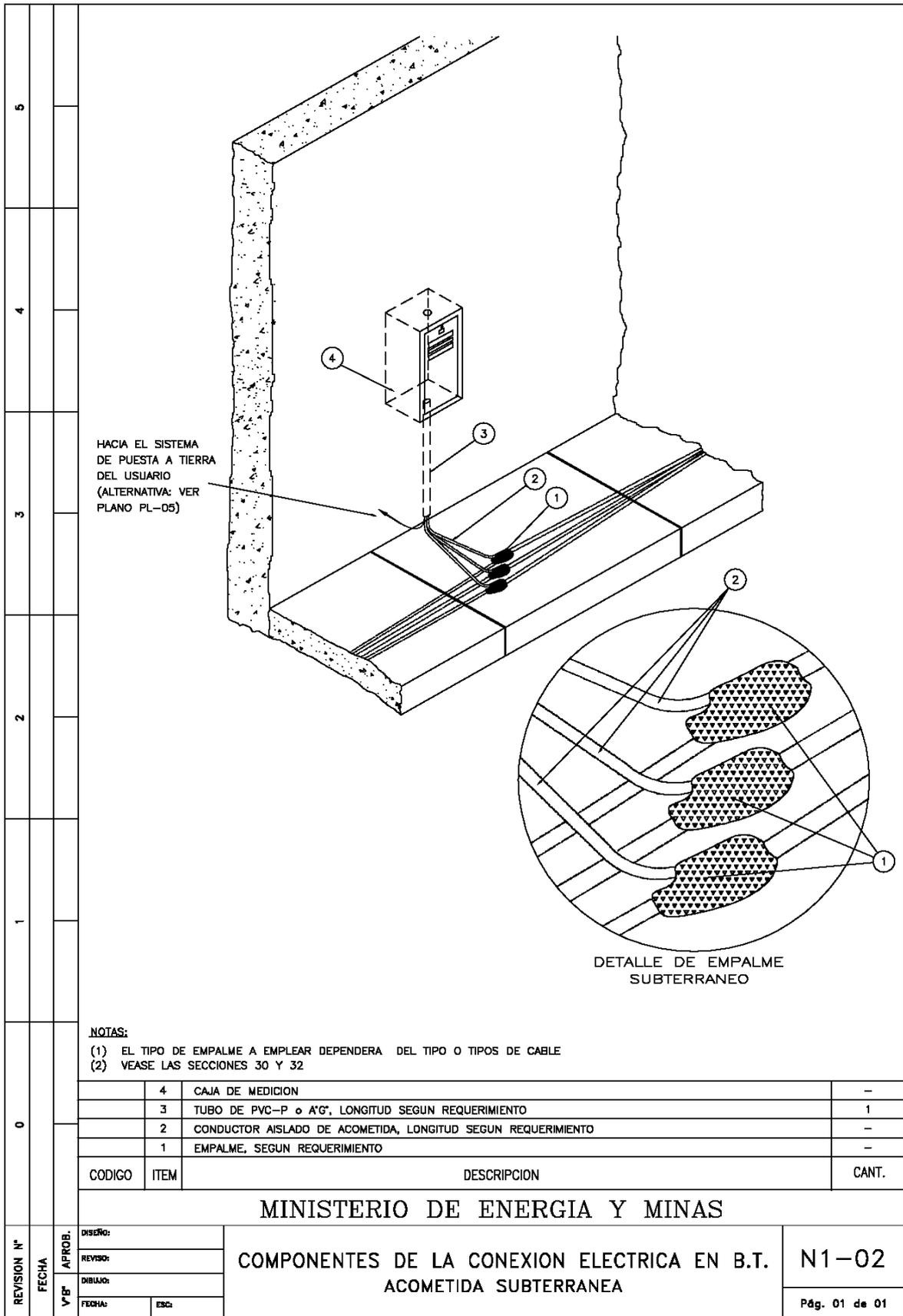


Figura 2 Acometida subterránea

Fuente: Norma DGE Conexiones eléctricas en baja tensión en zonas de concesión de distribución.

Acometida Aéreo Subterránea

Es aquella cuya derivación se efectúa desde una red de distribución secundaria aérea y que mediante una protección adecuada desciende al subsuelo para cumplir, desde este punto, los requisitos de una acometida subterránea.

En toda acometida Subterránea o Aéreo-Subterránea deberá utilizarse cable aislado, de acuerdo a las especificaciones indicadas en las Reglas 321 y 331.

Excepción: Se permite que haya un conductor puesto a tierra sin aislar, en las siguientes circunstancias:

- a. Un conductor de cobre desnudo en un conducto o canalización.
- b. Un conductor de cobre desnudo directamente enterrado, si se estima que el cobre es resistente a las influencias de dicho terreno de instalación.

La tubería o canalización conectada a un sistema de alimentación subterráneo deberá ser sellada en uno o en ambos extremos, a fin de prevenir el ingreso de agua o de gases, cuando se requiera de acuerdo a la experiencia.

2.2.2 Subestación de transformación eléctrica

Parte de una red eléctrica, limitada a un área dada, incluyendo principalmente terminales de las líneas de transmisión o distribución, aparata (equipos de maniobra y control), edificaciones y transformadores. Una estación generalmente incluye dispositivos de seguridad y control (por ejemplo, protección).

Es el conjunto de instalaciones, incluyendo las eventuales edificaciones requeridas para albergarlas, destinado a la transformación de la tensión eléctrica y al seccionamiento y protección de circuitos o sólo al seccionamiento y protección de circuitos y está bajo el control de personas calificadas.

La subestación debe modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para que la energía eléctrica pueda ser transportada y distribuida. El transformador es el equipo principal de una subestación.

Una Estación de transformación y/o subestación eléctrica es una instalación, o conjunto de dispositivos eléctricos, que forma parte de un sistema eléctrico de potencia. Su principal función es la de elevar o reducir la tensión; también la producción, conversión, transformación, regulación, repartición y distribución de la energía eléctrica.

La subestación sirve para la conexión de entre dos o más circuitos y su maniobra, y está destinada a la transformación de la energía eléctrica mediante uno o más transformadores.

Clasificación de subestaciones

De acuerdo a la función que desempeñan estas se clasifican en:

Subestación elevadora u subestación transformadora primaria: Se ubican en lugares adyacentes a las centrales generadoras. Tienen por misión elevar la tensión de generación a la de transporte.

Subestación reductora primaria: Recibe las líneas de transporte provenientes de las centrales, por lo que una de sus misiones es la interconexión. Reduce la tensión a valores de 132 ó 66kV. Otra misión es la de reparto.

Subestación reductora secundaria: Alimentadas por una o varias líneas de 132 ó 66kV reducen la tensión a 20kV. Las líneas de salida alimentan directamente a los abonados, por tanto, también tienen como misión la interconexión y el reparto.

De acuerdo al tipo de instalación

Subestación de distribución aérea monoposte (SAM)

Son subestaciones que están soportadas en un poste (generalmente de concreto armado pretensado). En las subestaciones aéreas monoposte, se instalan 2 o 3 transformadores monofásicos de 25 kVA en conexión trifásica, aunque también podría instalarse un transformador trifásico de hasta 100 kVA como máximo si su peso así lo permite.



Figura 4 Subestación aérea mono poste

Fuente: Equipamiento de subestaciones de distribución TECSUP

Subestación de distribución aérea biposte (SAB)

Son subestaciones que están soportadas en 2 postes unidos entre sí por una plataforma en la que se asienta el transformador (generalmente de concreto armado pretensado). En la subestación aérea biposte se instala un transformador trifásico. Si la SAB es de 10/0,23 kV, el transformador puede ser de : 50, 100, 160, 250, 400 o 630 kVA nominales.

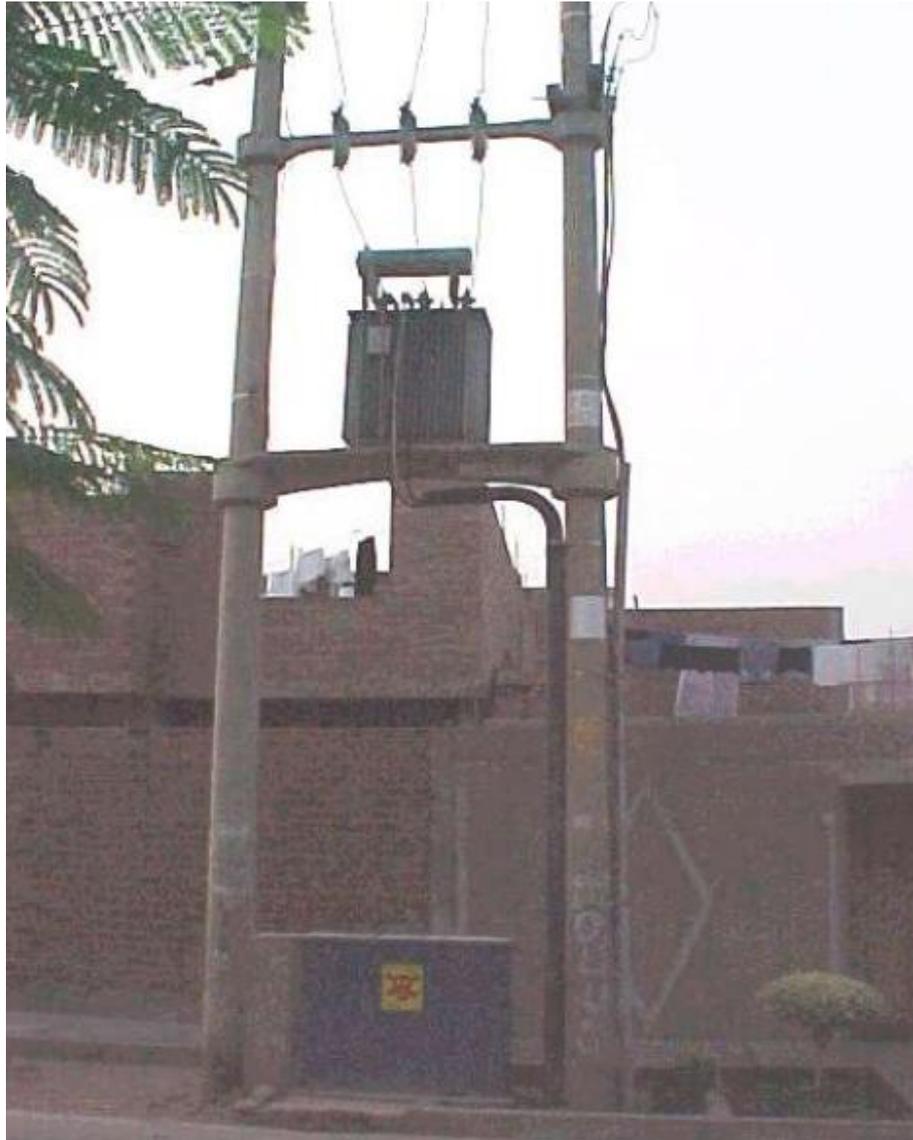


Figura 5 Subestación biposte

Fuente: Equipamiento de subestaciones de distribución TECSUP

Subestación de distribución compacta tipo bóveda (SCB)

La subestación compacta es tipo bóveda si el transformador está instalado en una bóveda de concreto subterránea bajo la vereda de la vía pública. Las potencias nominales de los transformadores utilizados son de: 50, 100, 160 o 250 kVA.

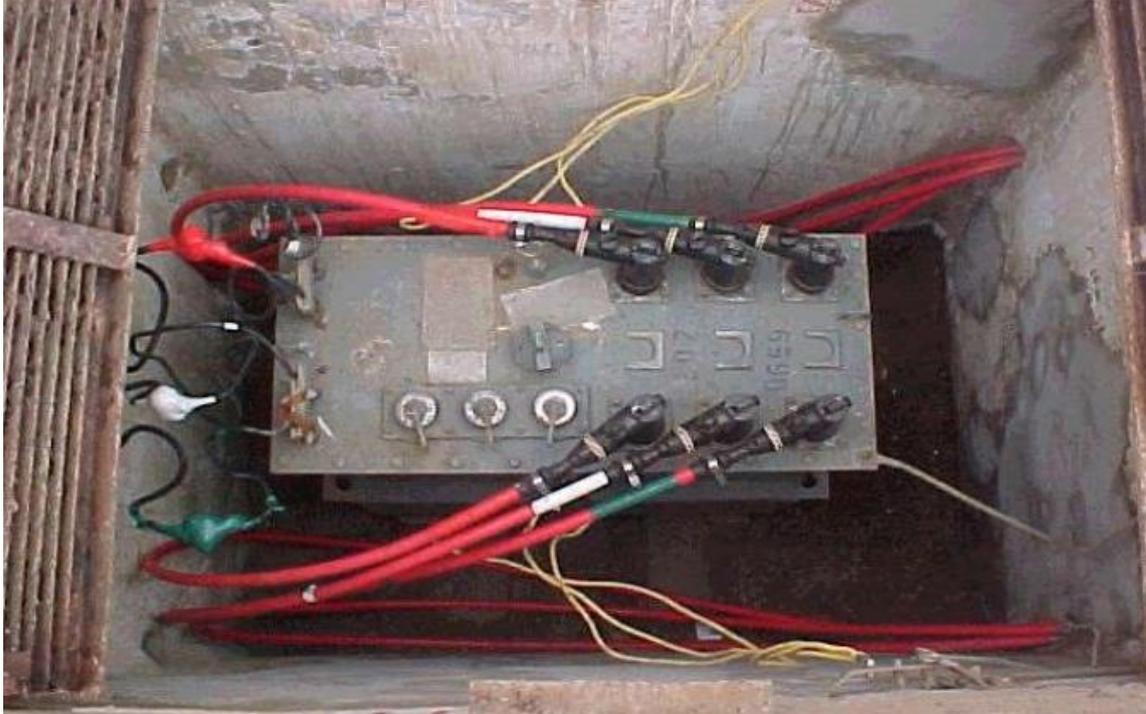


Figura 6 Subestación de distribución compacta tipo bóveda

Fuente: Equipamiento de subestaciones de distribución TECSUP

Subestación de distribución compacta tipo pedestal (SCP)

La subestación compacta es de tipo pedestal si el transformador está instalado sobre una base de concreto a nivel de la superficie del piso en un área libre de terreno de 3x3 m². Las potencias nominales de los transformadores utilizados son de: 100, 160, 250, 400 o 630 kVA.



Figura 7 Subestación compacta tipo pedestal

Fuente: Equipamiento de subestaciones de distribución TECSUP

Subestación intemperie

Se construyen al exterior, por lo que su aparamenta debe soportar condiciones atmosféricas adversas dependiendo de la zona de ubicación. Generalmente se alimentan mediante líneas aéreas de MT.

Subestación de interior

Se instalan en el interior de edificios. Esta solución se adopta en subestaciones transformadoras secundarias, ya que, al emplear tensiones menores, permite disminuir el espacio ocupado por la subestación.

Subestaciones blindadas

Las partes activas sometidas a tensión se encuentran encerradas en el blindaje por cuyo interior circula un gas aislante SF₆. Este sistema consigue una reducción de espacio muy importante y su forma modular permite ampliaciones posteriores.

2.2.3 Transformador de potencia

Es un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna manteniendo la potencia. El transformador es un

dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente. Las bobinas o devanados se denominan primarios y secundarios según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente.

En los sistemas de generación modernos, la tensión oscila entre 15kV y 30kV, el transporte se puede hacer hasta los 380kV, mientras que los consumos más usuales son en 380V. La relación entre las tensiones de consumo y la de transporte puede llegar a ser, por tanto, de 1000; con lo que las pérdidas en los cables de transporte se reducen un millón de veces, respecto de las que se tendrían si el transporte se realizase en baja tensión.

Su constitución básica se puede resumir en lo siguiente:

- a) Núcleo
 - Columnas.
 - - Culatas.
 - - Transformadores acorazados y transformadores de columnas.
 - - Chapas magnéticas.

- b) Devanados
 - Alta y Baja.
 - Concéntricos o alternados.

- c) Refrigeración
 - Baño de aceite. (Depósito de expansión).
 - Pirelanos prohibidos y actualmente en aceite de siliconas.
 - Radiadores para potencias grandes (más de 200kVA).

2.2.3 Transformadores de medición (tensión y de corriente y mixtos)

Transformadores de medida son transformadores que convierten corrientes y tensiones de manera proporcional y en fase en corrientes y tensiones medibles y normalizadas. Ellos pueden alimentar instrumentos de medición, contadores y/o relés de protección.

Además, las instalaciones de medición y/o protección conectadas están aisladas de los elementos de la planta bajo tensión.

La función de los transformadores de medida es transformar altas corrientes y tensiones a valores de corriente o de tensión apropiados para fines de medición y protección. Es decir, que sirven para medir o registrar la potencia transmitida, o bien para abastecer a los relés de protección con señales evaluables que pongan al relé de protección en condiciones de desconectar un dispositivo de maniobra según la situación. En este contexto, los transformadores de corriente pueden considerarse como transformadores que trabajan en régimen de cortocircuito. Toda la corriente en servicio continua fluye a través del lado primario.

Los equipos conectados en el lado secundario están conectados en serie. Los transformadores de corriente pueden disponer de varios devanados secundarios con núcleos separados de características idénticas o diferentes. Por ejemplo, pueden estar equipados con dos núcleos de medida de diferente precisión, o bien con núcleos de medida y protección con límites de error de precisión diferentes. Los transformadores de tensión contienen un solo núcleo magnético. Normalmente están diseñados con un devanado secundario tan sólo. En caso necesario, los transformadores de tensión con aislamiento unipolar disponen de un devanado adicional de defecto a tierra aparte del devanado secundario (devanado de medida).

Transformadores de Corriente

Los transformadores de corriente están contruidos para convertir la corriente primaria asignada que circula por el arrollamiento primario. Por peligro de sobretensión en los bornes secundarios, el arrollamiento secundario nunca debe dejarse abierto.

Los aparatos secundarios se conectan en serie. Los transformadores de corriente pueden ser equipados con más de un arrollamiento secundario. Los núcleos correspondientes están separados de manera magnética y pueden ser provistos de diferentes datos características para medida y/o protección.

Los transformadores de corriente transforman proporcionalmente y en fase, la corriente de alto valor en corriente medible. Estos transformadores tienen uno o varios núcleos

ferromagnéticos en ferrosilicio o ferroniquel. El arrollamiento secundario está arrollado simétricamente sobre el núcleo. Con ello se causa un intenso acoplamiento magnético del arrollamiento primario sobre el arrollamiento secundario. El número de espiras del arrollamiento secundario depende de la relación entre la corriente primaria y la corriente secundaria .

Es obligatorio conectar a tierra los núcleos de hierro y el arrollamiento secundario. Dependiente de la corriente asignada primaria y la corriente térmica de corta duración asignada (I_{th}) el arrollamiento primario (W1) está formado por varias espiras o una sola (conductor primario).

La corriente primaria asignada circula por el arrollamiento primario y corresponde al potencial determinado por el juego de barras. Entre los arrollamientos primario y secundario se encuentra la tensión asignada completa de la instalación. El aislamiento entre el arrollamiento primario y el arrollamiento secundario debe ser dimensionado para la tensión completa asignada de los arrollamientos. Los dos arrollamientos W1 y W2 están completamente encapsulados en el cuerpo de resina. En el proceso de gelificación de presión se moldean junto con los núcleos de hierro en una sola operación.

El cuerpo de resina está montado en una plancha metálica. Los bornes son integrados en el cuerpo de resina y cubiertos de plástico precintable. Cada borne puede estar conectado a tierra separadamente dentro de la caja de bornes. La cubierta de los bornes secundarios está equipada con dos o tres pasajes de cables garantizando un cableado fácil y sencillo. Los terminales del arrollamiento primario están conectados en dos bornes planos (p1/p2) de cobre o de latón y salen en el lado superior del transformador del cuerpo de resina. La conexión a tierra de los aparatos se efectúa mediante una pica de toma de tierra M8 que está fijada en la placa de asiento. Opcionalmente, la conexión a tierra se puede realizar sobre la toma de tierra directa del dispositivo de conmutación.



Figura 8 Transformador de corriente

Fuente: Guía Siemens

Clase de precisión

La clase de precisión de un transformador de intensidad para medida, está caracterizada por un número (índice de clase) que es el límite del error de relación, expresado en tanto por ciento para la intensidad nominal primaria estando alimentando el transformador la “carga de precisión”. Las clases de precisión de los transformadores de intensidad para medida según la norma IEC son: 0,1, 0,2, 0,5, 1 y 3.

Guía de aplicación:

- Clase 0,1 - Laboratorio.
- Clase 0,2 - Laboratorio, patrones portátiles, contadores de gran precisión.
- Clase 0,5 - Contadores normales y aparatos de medida. Clase 1 - Aparatos de cuadro. Clase 3 - Para usos en los que no se requiere una mayor precisión.

Verificación

La verificación de la clase en los transformadores de intensidad para medida, consiste en medir su relación de transformación con una precisión que debe ser necesariamente del orden de 0,01%. La realización de este ensayo, en forma absoluta, solamente es posible en laboratorios especializados. Afortunadamente, utilizando transformadores patrones, debidamente contrastados, es posible obtener, por comparación, en puentes de verificación, los errores de cualquier transformador, con la precisión necesaria. Para verificar el factor de seguridad, podemos utilizar dos métodos:

- a) Alimentando el arrollamiento primario con la intensidad nominal de seguridad, verificando que el error en el secundario, con su carga de precisión, es mayor o igual al 10%.
- b) Excitar el transformador a través del arrollamiento secundario hasta obtener en bornes secundarios: $U_o = F_s I_{sn} Z_t$, y comprobando que $I_o \geq 0,1 F_s I_{sn}$

Es importante recordar que el factor de seguridad depende de la carga secundaria, aumentando su valor, en la misma proporción en que la carga total disminuye

Transformadores de tensión

Los transformadores de tensión son transformadores que transforman altas tensiones en tensiones medibles. Estos transformadores de tensión tienen un sólo núcleo magnético y pueden ser realizados con uno o varios arrollamientos secundarios. En los transformadores de tensión aislados unipolares, aparte del arrollamiento de medición o de protección, pueden equiparse con un arrollamiento adicional para el registro de cortocircuito a tierra. Así los transformadores de tensión pueden ser realizados como transformadores unipolares o como transformadores aislados bipolares.

Los transformadores de tensión tienen un sólo núcleo de hierro con el arrollamiento secundario aplicado sobre él. Si fuese necesario, los transformadores unipolares aislados pueden ser equipados con un arrollamiento adicional para el registro de cortocircuitos a tierra. El borne del arrollamiento primario (N) está puesto a tierra en la caja de bornes y no debe ser retirado durante el funcionamiento de la instalación.

Los transformadores de tensión tienen un sólo núcleo de hierro con el arrollamiento secundario aplicado sobre él. Si fuese necesario, los transformadores unipolares aislados pueden ser equipados con un arrollamiento adicional para el registro de cortocircuitos a tierra.

El borne del arrollamiento primario está puesto a tierra en la caja de bornes y no debe ser retirado durante el funcionamiento de la instalación.



Figura 9 Transformador de tensión

Fuente: Guía Siemens

Clase de precisión

La clase de precisión de un transformador de tensión para medida, está caracterizada por un número (índice de clase) que es el límite del error de relación, expresado en tanto por ciento, para la tensión nominal primaria estando alimentado el transformador con la “carga de precisión”. Esta precisión debe mantenerse para una tensión comprendida entre el 80% y el 120% de la tensión nominal con una carga comprendida entre el 25% y el 100% de la carga de precisión.

Las clases de precisión para los transformadores de tensión son: 0,1, 0,2, 0,5, 1 y 3.

Guía de aplicación:

Clase 0,1 - Laboratorio.

Clase 0,2 - Laboratorio, patrones portátiles y contadores de precisión.

Clase 0,5 - Contadores normales, aparatos de medida. Clase 1 - Aparatos para cuadro.

Clase 3 - Para usos en los que no se requiera una mayor precisión.

2.2.4 Transformador de distribución

Se entiende por transformador de distribución aquellos transformadores que su potencia son 500 KVA o inferior y tensiones de 23.000 V o inferior.

Esta clase de transformador de distribución se suele utilizar para el abastecimiento eléctrico de bloques de apartamentos, almacenes, centros comerciales y zonas rurales.

Tomar una elección adecuada sobre qué transformador de distribución se debe elegir es una tarea laboriosa. Para escoger adecuadamente se deben conocer bien el consumo eléctrico que se tendrá y las características de la red de media tensión a la cual se conectará.

Tipos de transformador de distribución

Convencional de poste.

Tienen un núcleo y unas bobinas alojadas en el interior del tanque relleno de aceite, los cuales se interconectan al exterior mediante sus aisladores de baja y media tensión. Este conjunto permite la transformación de la energía acorde al requerimiento del cliente.

Estos transformadores pueden ser trifásicos, bifásicos o monofásicos, dependiendo del requerimiento y disponibilidad de redes en el sector de instalación.

La potencia del transformador dependerá del consumo que se requiera, la cual como límite puede ser de 150kVA en un poste y de 500kVA en dos postes sobre una plataforma. Esto dependerá de la normativa vigente de cada compañía eléctrica y de los pesos que puedan soportar la postación.

Auto protegido (DAE)

Estos transformadores suelen ser monofásicos o bifásicos, de potencias de hasta 25kVA y tensiones de hasta 23KV. Y su característica principal es que posee aisladores especiales equipados con fusibles de protección reemplazando los desconectores monofásicos que se suelen colocar en crucetas.

Adicionalmente, se puede incorporar una caja de protección en la B.T. con interruptor general e interruptores para cada circuito, esto a pedido del cliente permitiendo optimizar espacio y además mayor seguridad.

Pad Mounted

Las Pad Mounted o Transformadores de superficie, integran de manera compacta una celda M.T., un transformador y una celda de B.T. en un diseño optimizado y seguro, apto para maniobras de desconexión y permitiendo ser instalados en lugares cerrados como subterráneos o exteriores de fácil acceso para el usuario.

Las potencias estándar suelen hasta 1000KVA y hasta 23KV.

La celda de Media Tensión cuenta con fusibles de protección de fácil reemplazo y la celda de Baja tensión con interruptor general que permite maniobrar en caso de requerir desconexión.

En nuestra web encontrarás el transformador de distribución adecuado para cada tipo de necesidad que debas cubrir. Servicio, gestión de calidad y confianza.

2.2.5 Celdas en media tensión

En general se entenderá como Celdas de Media Tensión (en inglés Switchgear) al conjunto continuo de secciones verticales (Celdas) en las cuales se ubican equipos de maniobra (interruptores de potencia extraíbles, seccionadores, etc.), medida (transformadores de corriente y de tensión, etc.), y cuando se solicite, equipos de protección y control, montados en uno o más compartimientos insertos en una estructura metálica externa, y que cumple la función de recibir y distribuir la energía eléctrica.

Estas celdas se emplean en la distribución eléctrica secundaria de media tensión. En particular pueden ser instaladas para el mando y protección de líneas, motores, transformadores, generadores y baterías de condensadores. Las distintas unidades se pueden combinar según los esquemas pedidos por el cliente. La fabricación con elementos estandarizados ofrece la posibilidad de modificar o ampliar también, cabinas ya instaladas con anterioridad.

Las Celdas de Media Tensión tipo Metalclad, están definidas según la norma IEC 60298, y sus principales características son:

- Equipos en compartimientos con grado de protección IP2X o mayor.
- Separaciones metálicas entre compartimientos.
- Al extraer un equipo de Media Tensión, existirán barreras metálicas (“shutters”) que impedirán cualquier contacto con partes energizadas.
- Compartimientos separados al menos por: 1) cada interruptor o equipo de maniobra, 2) elementos a un lado del equipo de maniobra (por ej.: Cables de poder) 3) elementos al otro lado del equipo de maniobra (por ej. : Barras) y 4) equipos de baja tensión (por ej. : relés)
- Cuando las celdas son de doble barra, cada conjunto de barras debe ir en compartimiento separado.

2.2.6 Fusibles media tensión

Debido a sus grandes ventajas en seguridad, fiabilidad, amigabilidad con el medio ambiente y bajo costo, los fusibles de media tensión son el principal dispositivo de protección usado por las compañías eléctricas en todo el mundo.

Los Fusibles de media tensión generalmente se dividen en dos categorías: Fusibles de expulsión y Fusibles limitadores de corriente. Estos últimos, a su vez se dividen en tres clases reconocidas internacionalmente como: “Back-up” (respaldo), “General Purpose” (aplicaciones generales), “Full Range” (recorrido total) que interrumpen cualquier corriente por debajo del poder de corte que funde los elementos de fusión del fusible.

Los fusibles constan de portafusibles y cartuchos fusibles. Al extraer los cartuchos fusibles, el portafusibles establece una distancia de seccionamiento de conformidad con

las normas. Los cartuchos fusibles se emplean para un solo corte de sobrecorriente, tras el cual hay que sustituirlos. En un combinado interruptor-fusible, el disparo del percutor térmico del cartucho fusible 3GD impide la destrucción térmica del fusible. Los fusibles son adecuados para instalaciones tanto interiores como exteriores. Se montan en portafusibles disponibles como componentes individuales monofásicos o trifásicos, o bien como componentes integrados en combinación con el dispositivo de maniobra correspondiente.



Figura 10 Fusible de media tensión

Fuente: Guía Siemens

2.2.7 Interruptores de Potencia de Media Tensión

Es un dispositivo encargado de desconectar una carga o parte del sistema eléctrico; la operación del interruptor puede ser manual o automática accionada por la señal de un relé de protección.

Los interruptores de potencia deben cerrar y cortar todas las corrientes dentro del margen de sus valores asignados, desde pequeñas corrientes de carga inductivas y capacitivas hasta la corriente de cortocircuito, y esto bajo todas las condiciones de defecto de la red tales como defectos a tierra, oposición de fases etc. Los interruptores de potencia para exteriores se emplean para las mismas aplicaciones, pero están expuestos a las influencias meteorológicas.

El interruptor de potencia de media tensión emplea un Mecanismo de Operación con energía almacenada para abrir el interruptor. Tiene un mecanismo de cierre con energía almacenada, de tipo resorte, cargado a través de un motor. El cierre del interruptor carga los resortes de aceleración. Relevadores protectores en el conmutador de control suministran energía a una bobina de disparo en derivación para liberar los resortes de aceleración y abrir el interruptor.

Los interruptores de potencia para líneas aéreas de media tensión, con medio de interrupción en botellas de vacío y aislamiento sólido, su accionamiento automático de apertura tripolar ante la detección de falla en la línea de media tensión por el relé de protección ubicado en el gabinete de control. Por lo general el seccionador adosado al interruptor como respaldo de la indicación visible de la posición (abierto/cerrado) de los contactos del interruptor. El mecanismo de operación por resorte cuenta con un gabinete de control con relé de protección con funciones de sobrecorriente temporizadas e instantáneas y curvas de operación de tiempo definido; y baterías recargables de respaldo.

Cuentan con indicadores luminosos de posición abierto/cerrado del Interruptor ubicados en el panel frontal del gabinete de control. El transformador monofásico de control seco 22.9KV/220 Vac, para suministro de energía al gabinete de control. La estructura metálica de soporte para montaje en poste.

Opcionalmente dependiendo del requerimiento se suministra con un transformador de corriente toroidal para la detección de corriente homopolar no direccional de relación 50/1 A

2.2.8 Descargadores y limitadores de sobretensión

Los descargadores y limitadores de sobretensión protegen a los equipos tanto de sobretensiones externas causadas por rayos en líneas aéreas como de sobretensiones internas producidas por maniobras o defectos a tierra. Normalmente, el descargador está ubicado entre fase y tierra. La pila integrada de resistores (varistores) no lineales, dependientes de tensión, fabricada de óxido metálico (MO) u óxido de zinc (ZnO), se vuelve conductiva a partir de un valor límite de sobretensión definido para poder descargar la carga a tierra. Cuando la tensión a frecuencia industrial cae por debajo de este límite llamado tensión de descarga, los varistores vuelven a su valor de resistencia original, de modo que, bajo tensión de servicio, sólo fluye una corriente llamada corriente de fuga con un valor de unos pocos mA. Como esta corriente de fuga calienta los resistores, y de esta forma también el resistor, el dispositivo debe ser diseñado según el tratamiento del neutro en la red para evitar un calentamiento inadmisibles del descargador.

A diferencia del descargador de sobrecorriente normal, el limitador de sobrecorriente contiene una distancia disruptiva además de la pila de resistores MO. Cuando la carga generada por la sobretensión es lo suficientemente grande, la distancia disruptiva se enciende y la sobretensión puede descargarse a tierra hasta que la distancia disruptiva se extingue y los varistores vuelven a su estado no conductivo. Este proceso se repite una vez tras otra durante toda la duración del defecto. De esta forma es posible diseñar el dispositivo con una tensión de descarga muy inferior a la de un descargador de sobrecorriente convencional, y sirve especialmente para proteger motores con – por regla general – una mala rigidez dieléctrica. Para garantizar una función de protección suficiente, la tensión de descarga de los descargadores o limitadores no deberá exceder la rigidez dieléctrica de los equipos que deban proteger.



Figura 11 Descargador y limitadores de tensión

Fuente: Guía Siemens

2.2.9 Seccionadores

Los seccionadores se utilizan para la apertura y cierre de circuitos eléctricos casi sin carga. Durante esta maniobra pueden cortar corrientes despreciables (esto son corrientes de hasta 500 mA, p.ej. corrientes capacitivas de embarrados o transformadores de tensión) o corrientes superiores si no se produce ningún cambio importante de tensión entre los terminales durante el proceso de corte, p.ej. durante la conmutación a otro embarrado en celdas con embarrado doble cuando un acoplamiento transversal está cerrado en paralelo. Sin embargo, la función verdadera de los seccionadores es establecer una distancia de seccionamiento para poder trabajar de forma segura en los

equipos que hayan sido “aislados” por el seccionador. Por este motivo, la distancia de seccionamiento debe satisfacer grandes exigencias en cuanto a fiabilidad, visibilidad y rigidez dieléctrica.

Los seccionadores tienen que aislar los equipos conectados aguas abajo, es decir, equipos que ya no están bajo tensión, de los circuitos conectados a los mismos. Así, los seccionadores establecen una distancia de seccionamiento entre los terminales de cada polo. Por ello deben abrir los circuitos y/o cerrarlos de nuevo tras haber finalizado los trabajos cuando haya que cerrar/ cortar corrientes insignificantemente pequeñas o no exista una diferencia de tensión apreciable entre los circuitos. Como se accionan muy pocas veces, no están diseñados para efectuar un gran número de ciclos de maniobra como p.ej. un interruptor de potencia.



Figura 12 Seccionador

Fuente: Guía Siemens

2.2.10 Interruptores-seccionadores

Los interruptores-seccionadores combinan las funciones de un interruptor con el establecimiento de una distancia de seccionamiento (seccionador) en un solo dispositivo. Por ello se emplean para cortar corrientes de carga hasta la magnitud de su corriente asignada en servicio continuo. Al conectar consumidores no se puede excluir la posibilidad de cerrar sobre un cortocircuito existente. Por este motivo, los interruptores-seccionadores disponen hoy de capacidad de cierre en cortocircuito. En combinación con fusibles, los interruptores (interruptores-seccionadores) también pueden utilizarse para cortar corrientes de cortocircuito. Durante este proceso, la corriente de cortocircuito es interrumpida por los fusibles. A continuación, los fusibles disparan los tres polos del interruptor (-seccionador), desconectando la derivación defectuosa de la red.

En los interruptores-seccionadores, el arco no se extingue dentro de un tubo de maniobra al vacío, sino que funcionan según el principio de un interruptor de autoformación de gases, lo cual significa que el arco disocia una cantidad de gas del material aislante que rodea estrechamente el arco, y este gas extingue el arco de forma rápida y eficaz. Como el material que suministra el gas no puede regenerarse por sí mismo, el número de ciclos de maniobra es inferior al de los tubos de maniobra al vacío. A pesar de ello, los interruptores seccionadores diseñados según el principio de autoformación de gases son los que se usan con más frecuencia por su buena relación entre costes y rendimiento.



Figura 13 Interruptor seccionador

Fuente: Guía Siemens

2.2.11 Sistema puesta a tierra

La unión eléctrica con la tierra, de una parte de un circuito eléctrico de una parte conductora no perteneciente al mismo, se efectuar mediante una instalación de puesta a tierra que, según puede leerse en la ITC MIE RAT 01, Terminología es “el conjunto formado por electrodos y líneas de tierra de una instalación eléctrica” y que, también, en el apartado 3 de la propia RAT 13.

La función de la puesta a tierra (P.A.T.) de una instalación eléctrica es de forzar la derivación, al terreno, de las instalaciones de corriente, de cualquier naturaleza que puedan originar, ya se trate de corrientes de defecto, bajo frecuencia industrial, o debidas a descargas atmosféricas de carácter impulsional.

Partes de un sistema de puesta a tierra.

La Tierra (terreno)

- Se considera a potencial cero.
- Proporciona el camino de dispersión de las corrientes de falta o defecto.
- Se caracteriza por su resistividad “ δ ” → (naturaleza del terreno).

Electrodos de puesta a tierra

- Pueden ser de Cobre, Aluminio o Acero, (Generalmente de cobre)
- Deben mejorar la equipotencialidad del suelo evitando que se produzcan gradientes de tensión elevados.
- Estarán constituidos por una malla (tierras inferiores) enterrada a una determinada profundidad que permita reducir las tensiones de paso y contacto a niveles admisibles.

Uniones

- Soldaduras aluminotermias (Cadweld)

2.2.12 Conductores

Designación de los cables

Los símbolos a ser usados para designar los cables de la presente NTP 370.255:2014 serán los siguientes:

Conductores

- N Conductor de cobre
- NA Conductor de aluminio

Aislamientos y cubiertas

- G Aislamiento y cubierta de goma
- Y Aislamiento o Cubierta de PVC

- 2Y Cubierta de Polietileno Termoplástico (PE)
- 2X Aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE)
- OH Cubierta libre de halógenos, retardante a la llama y baja emisión de humos.

Pantallas metálicas

- S Pantalla de cobre en un cable unipolar o común en un cable multipolar.
- SA Pantalla de aluminio en un cable unipolar o común en un cable multipolar
- SE Pantalla de cobre sobre cada conductor en un cable multipolar
- SEA Pantalla de aluminio sobre cada conductor en un cable multipolar

Opcionalmente se podrá agregar una o más combinaciones de las siguientes letras para puntualizar las diferentes construcciones de pantallas:

- TP Para una pantalla compuesta por cinta o cintas (tape).
- W Para una pantalla compuesta por alambres (wire).
- M Para una pantalla compuesta por una malla de alambres (Malla).

Conductores concéntricos.

- C Conductor concéntrico de cobre
- CE Conductor concéntrico de cobre sobre cada conductor en un cable multipolar

Armaduras.

- B Armadura de flejes de acero
- R Armadura de alambres de acero
- RA Armadura de alambres de aluminio o aleación de aluminio.
- K Cubierta de Plomo⁷

2.2.13 Red subterránea

Trazo de la acometida

Los conductores de acometida subterránea no deberán pasar por el subsuelo de otro inmueble; debiendo guardar en cuanto a su trazo las distancias mínimas prescritas en el Código Nacional de Electricidad, con respecto a otras redes subterráneas de agua, desagüe, teléfono y gas.

En instalaciones nuevas

Se utilizarán cable tipo N2XOH de conformación dúplex o triplex.

Otros casos

Para nuevas instalaciones que para una naturaleza requieren el empleo de otros tipos de cables de acometidas que los anunciados; la empresa concesionaria del servicio público de electricidad recabará la autorización de la Dirección General de Electricidad, previa justificación técnico – económica correspondiente.

Aislamiento

El aislamiento de los cables de acometida, será adecuado para resistir los agentes químicos previstos en el lugar de instalación, debiendo tener una resistencia de aislamiento que soporte una tensión nominal de 1kv a 30 kv

Continuidad

Los cables de acometida serán continuos en toda su longitud sin presentar tramos empalmados.

Empalmes

En los empalmes del cable de acometida con la red de distribución secundaria se utilizará accesorios correspondientes a los tipos de cable que se empalman.

El empalme para cable N2XOH estará conformado por una caja de elementos de material dieléctrico que permitan una buena resistencia mecánica, conducción eléctrica y adecuado aislamiento. La derivación en “T” se efectuará uniando los conductores con uniones es a presión o entorchados y soldados con un mínimo de seis vueltas

Empalme para cables n2xoh serán los de manga de plomo, cuyas medidas dependerán del cable matriz de la red de servicio particular existentes estarán previstas para derivación en “T”, uniando los conductores con uniones a presión o entorchado y soldado con un mínimo de 6 vueltas.

2.2.14 Red aérea

Trazo de Acometida

Los conductores de acometida de un inmueble no deberán pasar por el interior de otro inmueble; Debiendo instalarse para estos casos especiales acometidas mixtas de tipo aero-subterráneas. Se exceptúa de esta disposición los inmuebles que tengan administración única o pertenezcan a un mismo propietario.

Requisitos de Instalación

Tipo

Serán del tipo concéntrico o unipolar, con aislamiento para la intemperie y con conductor de cobre.

Aislamiento

Los conductores de acometida deberán estar adecuados y uniformemente aislados considerando su exposición a condiciones ambientales, pudiendo estar constituido el aislamiento por material termoplástico, goma u otro material vulcanizable, para tensiones terminales no inferiores a 600 voltios.

Continuidad

Los conductores de acometida serán continuos en toda su longitud sin presentar tramos empalmados.

Ubicación

Toda la instalación de la acometida deberá quedar ubicada en el lado exterior del inmueble, debiendo efectuarse las derivaciones de preferencia en las proximidades inmediatas de los soportes de líneas (aisladores, cajas de derivación, etc.) no debiendo originar tracción mecánica en aquellas. Al efectuarse derivaciones dentro del vano de los conductores, deberá utilizarse separadores de plástico.

Empalmes

En los empalmes del cable de acometida se podrán utilizar accesorios constituidas por piezas de cobre electrolítico, resistentes a la acción de la intemperie (conectores) o un entorchado y soldado sobre la red de distribución con un mínimo de seis vueltas, ambos deberán cumplir las siguientes características:

- Que aseguren un contacto eléctrico eficaz, y
- Que eviten la infiltración de humedad en los conductores.

2.2.15 Formulas

Factor de Corrección

$$f_{eq} = f_r \times f_t \times f_p$$

Donde:

f_r: Resistividad térmica del terreno

f_t: Temperatura del terreno

f_p: Profundidad de instalación

Calculo de la corriente nominal

$$I_n = S / (\sqrt{3} \times V)$$

Dónde:

I_n: corriente nominal

S: Potencia aparente

V: Tensión de servicio

Calculo de la corriente de diseño del cable

$$I_c = I_{nc} / f_{eq}$$

Donde:

I_{nc}: Capacidad corriente del cable.

f_{eq}: Factor de corrección

Calculo de la corriente de diseño de carga

$$I_d = 1.25 \times I_n$$

Calculo de la corriente de cortocircuito

Donde: $I_{cc} = S_{cc} / (\sqrt{3} \times V)$

S_{cc}: Potencia de cortocircuito

V: Tensión de servicio

Corriente de cortocircuito térmicamente admisible por el cable subterráneo

$$I_{km} = (0.0945 \times S_c) / \sqrt{T_{ac}}$$

Donde:

S_c: sección del cable

T_{ac}: tiempo de actuación de protección

Calculo de la Impedancia del Sistema

$$X_{red} = (V_n)^2 / S_{cc}$$

Donde:

V_n: Tensión de servicio

S_{cc}: Potencia de cortocircuito

Calculo de la Impedancia de cortocircuito

$$Z_{total} = \sqrt{((R_{cable} + R_{conductor})^2 + (X_{red} + X_{cable} + X_{conductor})^2)}$$

Calculo de la Potencia de cortocircuito en la Subestación Particular Proyectada

$$S_{cc} = (V_n)^2 / Z_{total}$$

Donde:

V_n : Tension de trabajo

Z_{total} : Impedancia de cortocircuito.

Calculo de la corriente de cortocircuito

$$I_{cc} = S_{cc} / (\sqrt{3} \times V)$$

Donde:

S_{cc} : Potencia de cortocircuito

V : Tensión de trabajo

Calculo de la corriente de choque (Corriente máxima de cortocircuito)

$$I_{CH} = 1.8 \times \sqrt{2} \times I_{cc}$$

Donde:

I_{cc} : Corriente de cortocircuito

Calculo de la caída de tensión en subestación de llegada

$$\Delta V = \sqrt{3} \times L \times I_n \times (r \cos \varphi + x \sin \varphi) / 1000$$

Donde:

L : Longitud del cable

I_n : corriente nominal.

X : impedancia del sistema

φ : ángulo factor de potencia

r : Impedancia del cable.

Corriente de fusible

$$I_f = 1.5 \times I_n$$

In: Corriente nominal

Corriente de Inserción

$$20 \times I_n$$

Donde:

In: Corriente nominal

Corriente máxima admisible

$$25 \times I_n$$

Donde:

In: Corriente nominal

Calculo de la puesta a tierra

$$R = 0.366 \times \rho / L \times \log_{10} \left[\frac{2L}{d} \times A \right]$$

Donde

ρ = Resistividad específica (adición de bentonita y sal industrial)

L = Longitud de la varilla

D = Diámetro de la varilla

H = Profundidad de la varilla respecto al nivel de piso terminado

Valor de A

$$A = \sqrt{(4h + 3L) / (4h + L)}$$

Calculo de radio de curvatura del cable

$$r_{curvatura}=12\times\phi$$

Donde:

ϕ : Diámetro exterior del cable.

Altura mínima del pollo de concreto

$$h_{min}=r_{curvatura}+d$$

2.3 Definiciones de términos básicos

Trasformador: Dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia.

Seccionador: Un seccionador es un componente electromecánico que permite separar de manera mecánica un circuito eléctrico de su alimentación, garantizando visiblemente una distancia satisfactoria de aislamiento eléctrico.

Subestación: Una subestación eléctrica es una instalación destinada a establecer los niveles de tensión adecuados para la transmisión y distribución de la energía eléctrica. Su equipo principal es el transformador.

Acometida: Se llama acometida en las instalaciones eléctricas a la derivación desde la red de distribución de la empresa suministradora hacia la protección principal o medidor de energía de la edificación o propiedad donde se hará uso de la energía eléctrica.

Red primaria eléctrica: La red eléctrica es un conjunto de elementos interconectados para suministrar energía eléctrica desde las centrales de generación a los puntos de consumo.

PMI: Punto de medición a la intemperie.

PMS: Punto de medición subterránea.

CNE: Código nacional de electricidad.

DGE: Dirección nacional de electricidad.

CUT OUT: Dispositivo que rompe automáticamente un circuito eléctrico de seguridad y cualquiera se reinicia o se puede restablecer.

P.A.T: Puesta a tierra.

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1 Modelo de solución propuesto

Para el siguiente trabajo de suficiencia se plantea elaborar una memoria de cálculo el cual justificará el dimensionamiento de los equipos electromecánicos para que conforme al sistema de utilización “Diseño del sistema de utilización en media tensión 22,9kv (operación inicial 10kv) para suministrar energía eléctrica a las instalaciones de la empresa MDH-PD S.A.C 2019”; a partir de la memoria de cálculo se elaborara la especificación técnica y memoria descriptiva el cual se le entregara al cliente.

Para la ejecución del montaje y tendido del conductor eléctrico se elaborara planos en la que indicaran el recorrido del conductor desde el PMS hasta la subestación; además de la disposición de los equipos electromecánicos en el área proyectada para la subestación.

Adicional se entregara al cliente un cronograma (diagrama de Gantt) de la ejecución de los trabajos a realizar para el equipamiento electromecánico así como del metrado de los materiales.

3.2 Resultados

El cálculo para el Sistema de Utilización 22.9kV, cumple con los requisitos del Código Nacional de Electricidad, Ley de Concesiones Eléctricas (Decreto Ley N°25844 y su Reglamento D.S. 9-93-EM), Reglamento Nacional de Edificaciones y las Norma aprobada mediante Resolución Directoral del 26-09-2002 y DGE 013-CS-1/1978.

El proyecto se elaboró considerando los siguientes parámetros:

- Caída de tensión permisible : 5%
- Tensión Nominal : 22.9kV
- Potencia de cortocircuito en 22.9kV : 310MVA
- Tiempo de apertura : 0.02seg
- Potencia de diseño : 1250kVA
- Demanda máxima : 487.12kW
- Factor de potencia : 0.85

3.2.1 Selección del transformador de distribución

De acuerdo al cuadro de cargas de los equipos industriales de la empresa de metales no ferrosos es el siguiente:

CLIENTE: MDH-PDS.A.C.	Area Total	2609.62 m2
UBICACIÓN: JR. LOBATON 120 - SANTA ANITA	Area techada (Piso 1 y 2)	1196.96 m2
	Area no techada	1412.66 m2

ALUMBRADO Y TOMACORRIENTE

ITEM	DESCRIPCION	POTENCIA W/m2	TENSION (V)	SISTEMA (1Ø-3Ø)	AREA m2	POTENCIA INSTALADA	FACTOR DE DEMANDA	MAXIMA DEMANDA
01	Area Techada (primeros 2000 m2)	25.00	220	3Ø	1196.96	29.92	100%	29.92
02	Area Techada (area restante)	25.00	220	3Ø	0	-	35%	-
03	Jardines y areas libres	5.00	220	3Ø	1412.66	7.06	100%	7.06

36.99 kW

36.99 kW

EQUIPOS DOMESTICOS

ITEM	DESCRIPCION DE EQUIPOS	POTENCIA (kW)	TENSION (V)	SISTEMA (1Ø-3Ø)	CANTIDAD	POTENCIA INSTALADA	F.S.	MAXIMA DEMANDA
01	Calentador para Agua	2.50	220	1Ø	05	12.50	90%	11.25
02	Aire Acondicionado 36000BTU	6.05	220	1Ø	02	12.10	90%	10.89
03	Aire Acondicionado 12000BTU	1.20	220	1Ø	08	9.60	90%	8.64
04	Bomba de Agua	1.49	220	3Ø	02	2.98	50%	1.49
05	Therma	2.50	220	1Ø	04	10.00	80%	8.00
06	Reflectores	0.15	220	1Ø	15	2.25	50%	1.13

49.43 kW

41.40 kW

EQUIPOS DE LABORATORIO

ITEM	DESCRIPCION DE EQUIPOS	POTENCIA (kW)	TENSION (V)	SISTEMA (1Ø-3Ø)	CANTIDAD	POTENCIA INSTALADA	F.S.	MAXIMA DEMANDA
01	Horno de fundicion electrico	25.00	220	3Ø	2	50.00	100%	50.00
02	Horno de copelacion electrico	13.00	220	3Ø	2	26.00	100%	26.00
03	Sistema de extraccion de polvo, gases y lavador	15.00	380	3Ø	2	30.00	100%	30.00
04	Destilador de agua	3.00	220	1Ø	2	6.00	100%	6.00
05	Equipo de absorcion atomica	0.19	220	1Ø	2	0.38	100%	0.38
06	Balanza analitica	0.40	220	1Ø	2	0.80	50%	0.40
07	Ultramicrobalanza	0.40	220	1Ø	2	0.80	100%	0.80
08	Balance de humedad	0.50	220	1Ø	4	2.00	100%	2.00
09	Plancha de calentamiento	7.24	220	1Ø	4	28.96	100%	28.96
10	Secador de muestras	10.00	380	3Ø	2	20.00	100%	20.00
11	Aire acondicionado	5.00	220	1Ø	2	10.00	100%	10.00
12	Adicional	10.00	220	1Ø	2	10.00	100%	10.00

184.94 kW

184.54 kW

EQUIPOS INDUSTRIALES

ITEM	DESCRIPCION DE EQUIPOS	POTENCIA (kW)	TENSION (V)	SISTEMA (1Ø-3Ø)	CANTIDAD	POTENCIA INSTALADA	F.S.	MAXIMA DEMANDA
01	Gold refining plant of 120kg per cycle	3.00	460.00	3Ø	02	6.00	100%	6.00
02	Metabisulfito	0.50	460.00	1Ø	02	1.00	80%	0.80
03	Cooling group of 9.5kw cooling power	9.50	460.00	3Ø	02	19.00	90%	17.10
04	Precipitator for aqua regia coming from rotary	0.40	460.00	3Ø	02	0.80	100%	0.80
05	Electrolisis de plata 01	18.00	460.00	3Ø	02	36.00	80%	28.80
06	Electrolisis de plata 02	18.00	460.00	3Ø	02	36.00	80%	28.80
07	Gold electrolysis	12.00	460.00	3Ø	02	24.00	80%	19.20
08	Dryng furnace	4.00	460.00	3Ø	02	8.00	100%	8.00
09	Tratamiento de agua regia	4.00	460.00	1Ø	02	8.00	80%	6.40
10	Ciclon	9.32	460.00	3Ø	02	18.64	80%	14.91
11	Lavadores de gases	5.00	460.00	1Ø	02	10.00	80%	8.00
12	Iluminación	3.08	460.00	1Ø	02	6.16	90%	5.54
13	Otros equipos	30.00	460.00	3Ø	02	60.00	90%	54.00
14	Torre de neutralización (no se ha comprado de IKOI)	3.00	460.00	3Ø	02	6.00	80%	4.80
15	Tanque de precipitación (no esta en la lista de IKOI)	0.40	460.00	1Ø	02	0.80	80%	0.64
16	Reciclaje de oro (no esta en la lista de IKOI)	3.00	460.00	1Ø	02	6.00	80%	4.80
17	KFP (no esta en la lista de IKOI)	2.00	460.00	1Ø	02	4.00	90%	3.60

250.40 kW

212.20 kW

EQUIPOS INDUSTRIALES

ITEM	DESCRIPCION DE EQUIPOS	POTENCIA (kW)	TENSION (V)	SISTEMA (1Ø-3Ø)	CANTIDAD	POTENCIA INSTALADA	F.S.	MAXIMA DEMANDA
01	Bomba de la transferencia de solucion strip	2.00	3Ø	01	2.00	4.00	50%	2.00
02	Bomba de la transferencia de solucion strip - stand by	4.00	3Ø	01	2.00	8.00	50%	4.00
03	Bomba dosificadora de anticrustante	6.00	1Ø	01	2.00	12.00	50%	6.00

24.00 kW

12.00 kW

RESUMEN

SISTEMA Trifásico
 FACTOR DE POTENCIA 0.85
 TIPO DE TARIFA MT-3
MAXIMA DEMANDA: 487.12 kW

Por lo que la máxima demanda de diseño será de:

$$MD_{\text{diseño}} = 1.25 \times MD$$

Entonces

$$MD_{\text{diseño}} = 1.25 \times 487.12 \text{ KW}$$

$$MD_{\text{diseño}} = 608.9 \text{ KW}$$

De acuerdo a la siguiente tabla de potencias estándares de transformadores:

PÉRDIDAS ESTÁNDARES TRANSFORMADORES

Potencia (KVA)	Clase (kV)	Pfe (W)	Pcu (W)	Voc	Io %	Lwa (dB)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	Peso (kg)
100	12 24	420 460	1880 1960	6	1,68 2,10	59	1120 1120	670	1100	520	510 550
160	12 24	580 650	2550 2700	6	1,60 2,00	62	1230 1230	670	1150	520	720 760
200	12 24	700 750	2900 3100	6	1,50 1,87	64	1230 1270	670	1200	520	840 880
250	12 24	800 880	3400 3300	6	1,42 1,78	65	1230 1300	670	1300	520	970 1020
315	12 24	950 1000	4100 4100	6	1,40 1,65	67	1300 1330	820	1300	670	1100 1160
400	12 24	1150 1200	4850 4800	6	1,18 1,48	68	1330 1380	820	1400	670	1290 1360
500	12 24	1300 1400	5700 6000	6	0,96 1,20	69	1380 1410	820	1500	670	1530 1610
630	12 24	1450 1600	6700 6900	6	0,85 1,06	70	1410 1460	820	1550	670	1760 1850
800	12 24	1750 2000	8300 8300	6	0,72 0,90	72	1460 1530	1000	1650	820	2080 2190
1000	12 24	2000 2300	8800 9600	6	0,64 0,80	73	1530 1620	1000	1750	820	2480 2610
1250	12 24	2400 2700	11200 11500	6	0,56 0,70	75	1530 1640	1000	1850	820	2870 3020
1600	12 24	2800 3100	12700 14000	6.5	0,52 0,65	76	1640 1700	1000	2150	820	3350 3530
2000	12 24	3400 3650	16000 16500	6.5	0,48 0,60	78	1700 1790	1300	2200	1070	3950 4610
2500	12 24	4300 4800	18000 20000	7	0,45 0,56	79	2000 2060	1300	2250	1070	4700 4950
3150	12 24	5400 5600	22900 23500	7	0,40 0,50	80	2060 2150	1300	2450	1070	5640 5940
4000	12 24	6800 7000	26000 27000	7.5	0,32 0,40	82	2200 2260	1350	2500	1070	7700 8100
5000	12 24	7500 8100	29000 30000	8	0,29 0,36	83	2350 2380	1500	2680	1250	9600 10100

Figura 14 Potencias de transformadores comerciales

Fuente: Catalogo transformadores Promelsa

Seleccionaríamos un transformador con una potencia de 630 kW.

Adicional el cliente; la empresa FUNDICIÓN DE METALES NO FERROSOS MDH-PD S.A.C. ha decidido adquirir un transformador de distribución con una potencia de 1250 kW; ya que a futuro tiene pensado ampliar su producción adquiriendo más equipos industriales.

Para este proyecto los cálculos se están considerando con una potencia de diseño de 1250 kW

Datos técnicos del transformador

Será del tipo trifásico para instalación interior, deberá satisfacer las normas técnicas ITINTEC N° 370.002, IEC – 76 y Normas Técnica mente aceptadas por LUZ DEL SUR referente a transformadores de potencia.

Tendrá las siguientes características:

Potencia nominal	: 1250 kva.
País de fabricación	: Perú
Norma de fabricación internacional	: IEC-76
Norma de fabricación nacional	: ITINTEC 370-002
Impedancia	: 6 %
Número de fases	: 3
Sistema de enfriamiento	: ONAN
Aceite dieléctrico	: ELECTRA 77
PCB	: < 2 ppm
Frecuencia	: 60 Hz.
Tensión primaria	: 22,900 V.
Esquema lado M.T. / B.T.	: Estrella / Estrella
Tipo de arrollamiento M.T. / B.T.	: Helicoidal / Helicoidal
Regulación si tensión	: $\pm 2 \times 3\%$
Número de bornes M.T. / B.T.	: 4 / 7
Tensión secundaria	: 230 V – 460 V.

Grupo de conexión	: YN yn6
Tipo de montaje	: Interior/Exterior
Altitud de instalación	: 5000 msnm
Servicio	: Continuo
Máx. temp. del aceite	: 60 °C
Máx. temp. del cobre	: 65 °C
Pintura	: Gray ANSI 61
Espesor	: 6 Mill

3.2.2 Calculo del cable de energía

La empresa de metales no ferrosos MDH-PD S.A.C. cuenta en su almacén de Ayacucho con un carrete de 5 000 mts. De cable NA2XSY – 18/30KV de sección 1 x 50 mm² ; Para el presente proyecto proponemos usar dicho cable para la cual mediante cálculo verificaremos si dicho cable cumple.

Datos técnicos del cable:

- Sección (mm ²)	: 50 mm ²
- Tipo	: NA2XSY
- Tensión máxima de diseño	: Eo/E = 18/30kV
- Tensión nominal de trabajo	: 22.9kV
- Corriente nominal de trabajo	: 160 A
- Norma	: CD-9-320 (Normalizacion de cable de Aluminio tipo NA2XSY).
- Temperatura máxima de operación (°C)	: 90
- Resistencia a 20 °C	: 0.641 ohm / km
- Resistencia a 90 °C	: 0.822 ohm / km
- Reactancia	: 0.281 ohm / km

A continuación realizaremos los cálculos respectivos.

Calculo de la Corriente de Carga del cable subterráneo

Factor de Corrección

$$f_{eq} = f_r \times f_t \times f_p$$

Donde:

f_r : Resistividad térmica del terreno

f_t : Temperatura del terreno

f_p : Profundidad de instalación

Entonces

$$f_{eq} = 1.09 \times 1.00 \times 1.00$$

$$f_{eq} = 1.09$$

Calculo de la corriente nominal

$$I_n = S / (\sqrt{3} \times V)$$

Dónde:

I_n : corriente nominal

S : Potencia aparente

V : Tensión de servicio

Entonces

$$I_n = 1250 \text{ kva} / (\sqrt{3} \times 22.9 \text{ kv})$$

$$I_n = 31.51 \text{ A}$$

Calculo de la corriente de diseño del cable

$$I_c = I_n / f_{eq}$$

Donde:

I_n : Capacidad corriente del cable.

F_{eq} : Factor de corrección

Entonces

$$I_c = 151 \text{ A} / 1.09$$

$$I_c = 138.53 \text{ A}$$

Calculo de la corriente de diseño de carga

Entonces

$$I_d = 1.25 \times I_n$$

$$I_d = 1.25 \times 31.51$$

$$I_d = 39.38 \text{ A}$$

Por lo tanto, el cable seleccionado cumple con la capacidad requerida. La cual se cumple que:

$$I_c > I_d$$

3.2.3 Calculo de la corriente de cortocircuito

Donde:

$$I_{cc} = S_{cc} / (\sqrt{3} \times V)$$

S_{cc}: Potencia de cortocircuito

V: Tensión de servicio

Entonces

$$I_{cc} = 310 \text{ MVA} / \sqrt{3} \times 22.9 \text{ kv}$$

$$I_{cc} = 7.81 \text{ kA}$$

Corriente de cortocircuito térmicamente admisible por el cable subterráneo

$$I_{km} = (0.0945 \times S_c) / \sqrt{T_{ac}}$$

Donde:

Sc: sección del cable

Tact: tiempo de actuación de protección

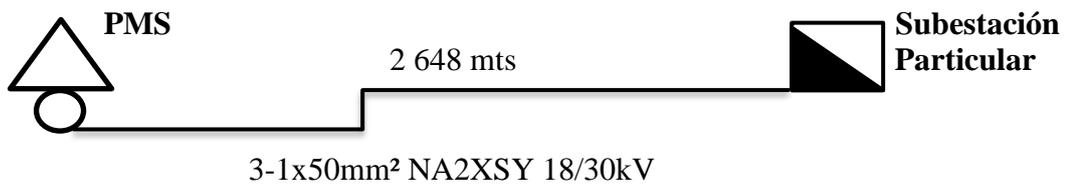
Entonces

$$I_{km} = (0.0945 \times 50) / \sqrt{(0.02)}$$

$$I_{km} = 33.41 \text{ kA}$$

Por lo tanto, el cable seleccionado cumple con la condición requerida $I_{km} > I_{cc}$

3.2.4 Calculo de la potencia y corriente de cortocircuito en subestación de llegada.



Calculo de la Impedancia del Sistema

$$X_{red} = (V_n^2) / S_{cc}$$

Donde:

Vn: Tensión de servicio

Scc: Potencia de cortocircuito

Entonces

$$X_{red} = (22.9 \text{ kv})^2 / 310 \text{ MVA}$$

$$X_{red} = 1.69 \Omega$$

Por lo que nos quedaría la impedancia del sistema:

$$Z_{\text{sistema}} = 0.00 j + 1.69$$

Calculo de la Impedancia del Cable

Para hallar la impedancia del conductor utilizamos el recorrido del conductor; el cual es de 2.648 km.

Además de acuerdo a la ficha técnica del conductor 3-1x50mm² NA2XSY 18/30kV (INDECO) obtenemos los valores

$$\begin{aligned} R &= 0.822 \Omega/\text{km} \\ X &= 0.247 \Omega/\text{km} \end{aligned}$$

Por lo que el valor de R se halla

$$\begin{aligned} R_{\text{cable}} &= 0.822 \Omega/\text{km} \times 2.648 \text{ km} \\ R_{\text{cable}} &= 2.1766 \Omega \end{aligned}$$

De la misma manera para halla X

$$\begin{aligned} X_{\text{cable}} &= 0.247 \Omega/\text{km} \times 2.648 \text{ km} \\ X_{\text{cable}} &= 0.645 \Omega \end{aligned}$$

Calculo de la Impedancia de cortocircuito

$$Z_{\text{total}} = \sqrt{((R_{\text{cable}} + R_{\text{conductor}})^2 + (X_{\text{red}} + X_{\text{cable}} + X_{\text{conductor}})^2)}$$

Entonces

$$Z_{\text{total}} = \sqrt{(2.1766)^2 + (1.69 + 0.645)^2}$$

$$Z_{\text{total}} = 3.20037799 \Omega$$

Calculo de la Potencia de cortocircuito en la Subestación Particular Proyectada

$$S_{cc} = (Vn)^2 / Z_{total}$$

Entonces:

$$S_{cc} = (22.9)^2 / 3.20037799$$

$$S_{cc} = 163.85 \text{ MVA}$$

Calculo de la corriente de cortocircuito

$$I_{cc} = S_{cc} / (\sqrt{3} \times V)$$

Entonces:

$$I_{cc} = 163.85 \text{ MVA} / (\sqrt{3} \times 22.9 \text{ kv})$$

$$I_{cc} = 4.13 \text{ KA}$$

Calculo de la corriente de choque (Corriente máxima de cortocircuito)

$$I_{CH} = 1.8 \times \sqrt{2} \times I_{cc}$$

Del valor obtenido anteriormente tenemos:

$$I_{cc} = 4.13 \text{ KA}$$

Entonces:

$$I_{CH} = 1.8 \times \sqrt{2} \times 4.13 \text{ KA}$$

$$I_{CH} = 10.52 \text{ KA}$$

3.2.5 Calculo de la caída de tensión en subestación de llegada

$$\Delta V = \sqrt{3} \times L \times I_n \times (r \cos \phi + x \sin \phi) / 1000$$

De los valores anteriormente obtenidos tenemos:

- L = 2 648 mts.
- In = 31.51 A
- Rcable = 2.1771 Ω
- Xcable = 0.6542 + 1.69 Ω
- ϕ = 31.788

Entonces

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 2\ 648 \times 31.51 \times (2.1771 \cos (31.788) + 2.3442 \sin (31.788)) / 1000$$

$$\Delta V = 446.17 \text{ v}$$

Por lo tanto

$$V = (446.17 \text{ v} / 22900 \text{ v}) \times 100\%$$

$$V = 1.96 \%$$

Calculamos la caída de tensión en la llegada de la subestación la cual no debe exceder de 5% de acuerdo al código nacional de electricidad SUMINISTRO sección 1 017.D.

Por lo tanto, la caída de tensión se encuentra dentro del valor permitido > 5%

3.2.6 Dimensionamiento de fusible en M.T.

De acuerdo a la Potencia del Transformador (PT)

$$I_{(n-t)} = P_T / (\sqrt{3} \times V)$$

Corriente de Inserción

$$12 \times I_n \longrightarrow 0.1 \text{ seg.}$$

Por lo que la I_n sería de:

$$I_n = 12 \times 31.51 \text{ A}$$

$$I_n = 378.12 \text{ A}$$

Corriente máxima admisible (Efectos térmicos)

$$20 \times I_n \longrightarrow 0.1 \text{ seg.}$$

Por lo que la I_n sería de:

$$I_n = 20 \times 31.51 \text{ A}$$

$$I_n = 630.29 \text{ A}$$

Corriente de fusible

$$I_f = 1.5 \times I_n$$

Entonces

$$I_f = 1.5 \times 31.51 \text{ A}$$

$$I_f = 47.26 \text{ A}$$

De acuerdo al grafico en las curvas características de tiempo-intensidad.

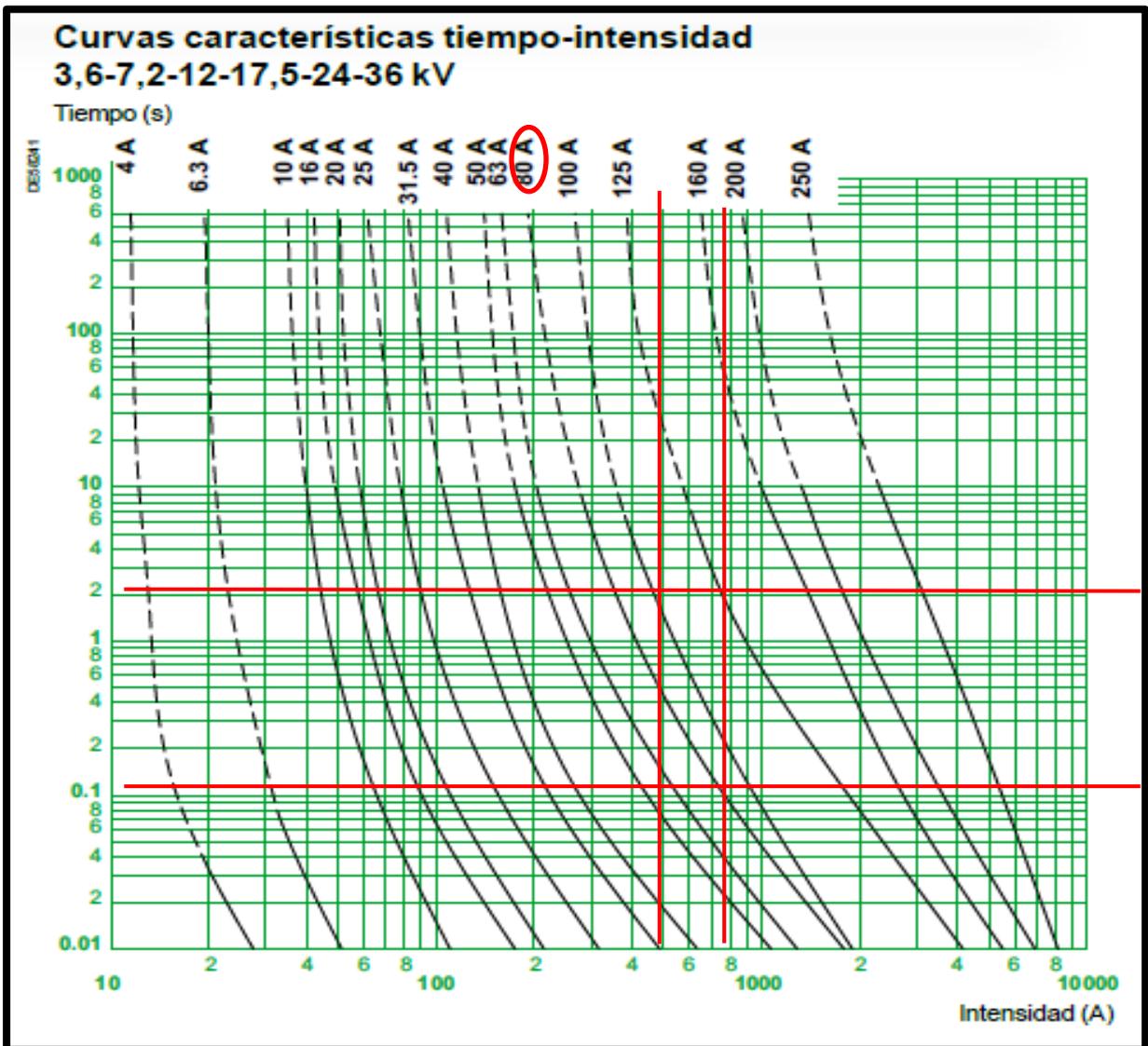


Figura 15 Curva característica tiempo intensidad

Fuente: CNE - SUMINISTRO

Por lo tanto, de acuerdo al gráfico se elige el inmediato superior 63A

Calculo de la Curva de Corriente Inrush sobre la curva del fusible Según la sección 150 - 256 (a) y (b) - CNE

Corriente de Inserción

$$20 \times I_n \longrightarrow 0.1 \text{ seg}$$

Por lo que la I_n sería de:

$$I_n = 12 \times 31.51 \text{ A}$$

$$I_n = 378.12 \text{ A}$$

Corriente máxima admisible (Efectos térmicos)

$$25 \times I_n \longrightarrow 0.01 \text{ seg}$$

Por lo que la I_n sería de:

$$I_n = 25 \times 31.51 \text{ A}$$

$$I_n = 787.75 \text{ A}$$

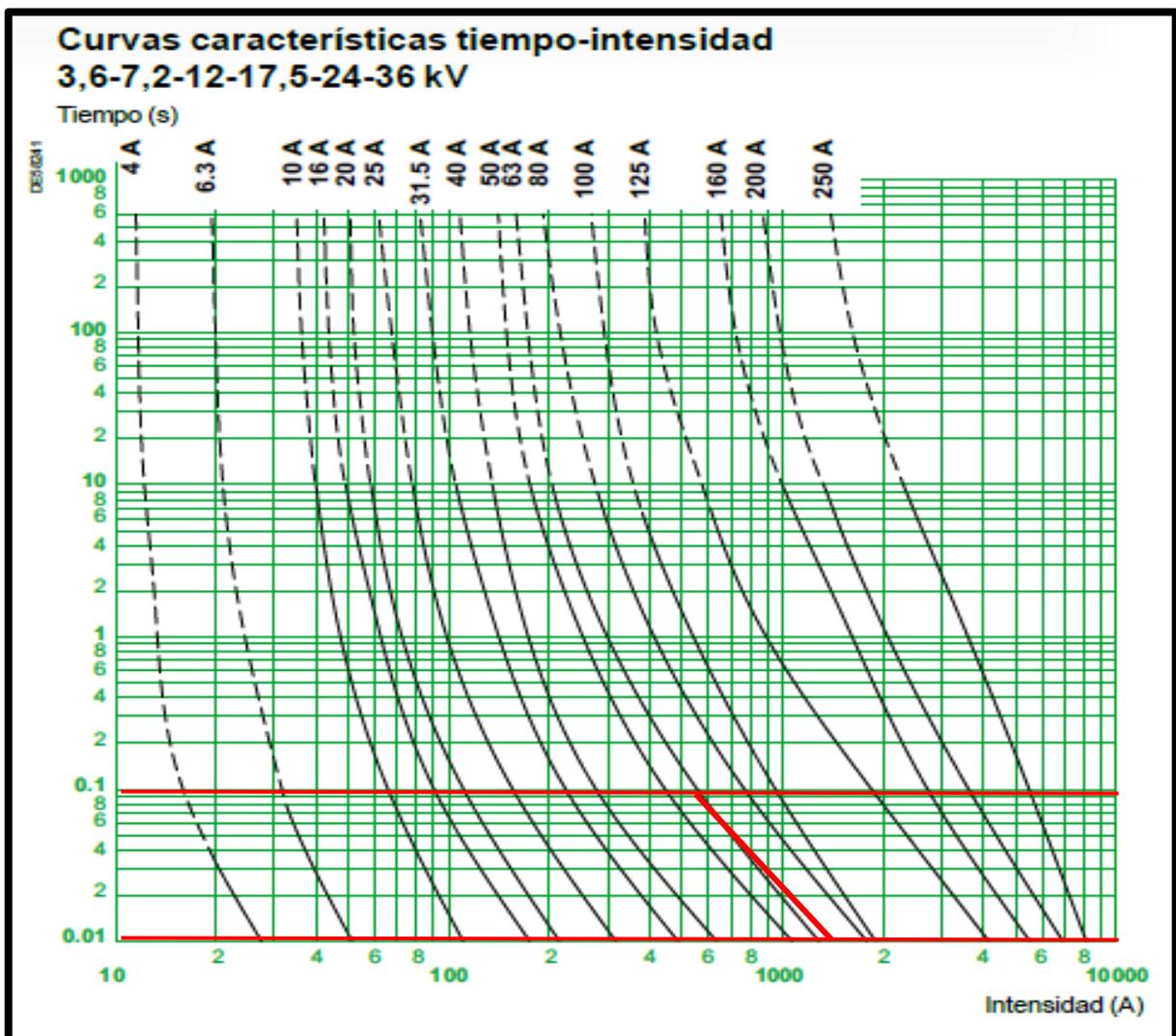


Figura 16 Curva característica tiempo intensidad

Fuente: CNE - SUMINISTRO

Por lo tanto, la selección del fusible es correcta. Y es mucho mayor que la curva calculada la cual se comprueba en la tabla anterior.

Para el proyecto seleccionamos para la celda de llegada (tipo GAM2) y para la celda de protección para transformador (tipo QM) Merlin Gerin – Schneider electric S.A. ya que cumplen con los requerimientos del proyecto.

3.2.7 Calculo de la puesta a tierra

Para el cálculo de la puesta a tierra tenemos los siguientes datos técnicos que nos servirán para determinar el valor de la resistencia.

Datos Técnicos:

ρ = Resistividad específica (adición de bentonita y sal industrial) = 30 Ω .m

L = Longitud de la varilla = 2.4 m.

D = Diámetro de la varilla = 0.01905 m

H = Profundidad de la varilla respecto al nivel de piso terminado = 0.5m

Además por tratarse de un electrodo vertical tenemos que:

$$R=0.366 \times \rho / L \times \log_{10} \left[\frac{2L}{d} \times A \right]$$

Donde el valor se A

$$A = \sqrt{(4h+3L) / (4h+L)}$$

Entonces primero encontramos el valor de A

$$A = \sqrt{(4 \times 0.5 + 3 \times 2.5) / (4 \times 0.5 + 2.5)}$$

$$A = 1.5$$

Ahora procedemos a calcular el valor de la resistencia de la puesta a tierra.

$$R=0.366 \times \rho / L \times \log_{10} \left[\frac{2L}{d} \times A \right]$$

$$R=0.366 \times 30 / 2.4 \times \log_{10} \left[\left((2 \times 2.4 / 0.01905) \times 1.5 \right) \right]$$

$$R=15.89 \Omega$$

Para sistemas en media tensión y neutro $R > 25 \Omega$; por lo tanto el valor de la resistencia calculada si cumple.

3.2.8 Calculo de radio de curvatura del cable

Para hallar el radio de curvatura usaremos los datos técnicos del conductor eléctrico seleccionado.

Datos técnicos del cable

Nivel de tensión: 18-30 kv

Tipo: NA2XSY

Sección: 50 mm²

Diámetro exterior: 32 mm

De acuerdo a la Tabla 15 del CNE - Regla 190 - 102 (Radio de curvatura - cables de alta tensión)

Tabla 15
(Ver Regla 190-102)
Radios de curvatura – Cables de alta tensión

Tipo de cable	Factor de multiplicación por el diámetro del cable (ver Nota)		
	De 25 mm o menos de diámetro	Sobre 25 mm hasta 50 mm de diámetro	Sobre 50 mm de diámetro
Con cubierta de plomo	10	12	12
Con cubierta corrugada de Aluminio	10	12	12
Con cubierta lisa de Aluminio	12	15	18
Apantallado con cinta	12	12	12
Con armadura de cinta plana	12	12	12
Con armadura de alambre:	12	12	12
Sin pantalla	7	7	7
Con pantalla de alambre	7	7	7
Cables de potencia portátiles de 5 kV o menos	6	6	6
Cables de potencia portátiles mayor de 5 kV	8	8	8

Nota: El radio se mide en la superficie interior de la curvatura y debe ser igual al diámetro del cable multiplicado por el factor apropiado de las columnas 2, 3 y 4. Se recomienda verificar con información del fabricante en particular.

Figura 17 Tabla radio de curvaturas – cables de alta tensión

Fuente: CNE - UTILIZACION

De acuerdo a la formula

$$R_Curvatura=12 \times \varnothing \text{ (exterior del cable)}$$

Entonces

$$R_Curvatura=12 \times 32 \text{ mm}$$

$$R_Curvatura=384 \text{ mm}$$

Por lo tanto, la altura mínima que debe tener el pollo de concreto para el acceso y curvatura de los cables es de:

$$h_min=r_curvatura + d_exterior$$

Entonces

$$h_{\min}=384 + 32$$

$$h_{\min}=416\text{mm}$$

3.2.9 Cálculos de ventilación

Considerando la ecuación de equilibrio para circulación de aire:

$$S = \frac{0.18 \times P}{\sqrt{H}} \quad , \quad S'' = 1.1 \times S$$

Dónde:

P: Pérdidas totales del transformador en kW. = 15.2

H: Altura entre las dos cavidades de ventilación, expresada en m. = 1.78

S: Superficie de la ventana de llegada de aire en m² =?

S'': Superficie de la ventana de salida de aire en m² =?

$$S = 2.051\text{m}^2$$

Hallando S''

$$S'' = 1.1 \times 2.051$$

$$S'' = 2.256\text{m}^2$$

Ahora calculamos el área efectiva de ventilación de las persianas, empleando la sgte. Formula:

$$q = b \left[Zx \text{Sen}(\varphi) - \left\{ \frac{Z}{z} - 1 \right\} xd \right]$$

Dónde:

b: Ancho de la abertura de la ventana en m. = 0.85, 0.65,

Z: Altura de la abertura de la ventana en m. = 1.35, 1.00, 1.50, 1.20

z: Separación entre las ventanas en m. = 0.01

ϕ : Angulo de inclinación de la persiana = 60°

d: Espesor de la persiana en m. = $1/8'' = 0.003175$

$$q_1 = 0.8119 m^2$$

$$q_2 = 0.46 m^2$$

$$q_3 = 0.902 m^2$$

$$q_4 = 0.552 m^2$$

Calculando el área para el ingreso

$$q_{INGRESO-TOTAL} = q_1 \times 2 + q_2 = 2.08 m^2$$

Calculando el área para la salida

$$q_{SALIDA-TOTAL} = q_3 \times 2 + q_4 = 2.356 m^2$$

Al comparar dichos valores tenemos

$$S = 2.08 m^2 > 2.05$$

$$S'' = 2.356 m^2 > 2.256$$

Por lo tanto, la ventilación será natural

Resumen de los resultados

ITEM	RESULTADOS OBTENIDOS
1	Capacidad del transformador 1250 KVA
2	Conductor seleccionado 3x50mm ² NA2XSY 18/30KV
3	Capacidad del fusible 63A
4	Valor de resistencia obtenida 13.07 ohm

Tabla 1 Resumen de resultados

Fuente: Propia

3.3 Lugar de ejecución

El proyecto se encuentra ubicado entre las Av. Carretera central, Av. Separadora Industrial, Av. Metropolitana y Av. De la Cultura, en el distrito de Santa Anita.

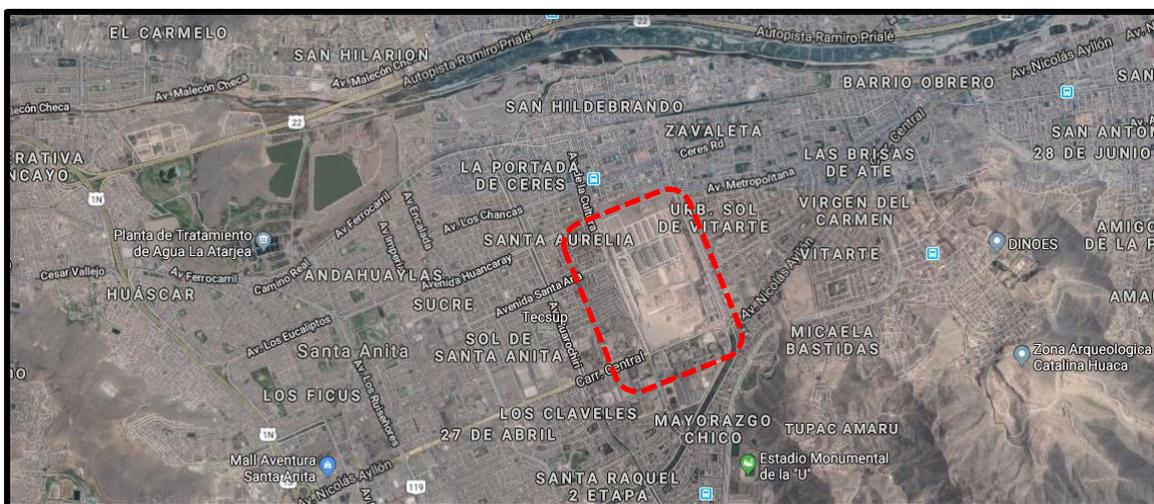


Figura 18 Lugar ejecución del proyecto

Fuente: Google Earth

3.4 Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE EJECUCION DE OBRA PROYECTO DEL SISTEMA DE UTILIZACION EN MEDIA TENSION 22.9KV

ite m	Descripción	Nº días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
1	Inspección preliminar	2	X	X																															
2	Rotura de vereda	21			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
3	Excavación de zanja	19				X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
4	Tendido tubería PVC	16								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
5	Relleno de zanja	16								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
6	Ejecución de cruzadas	3											X	X	X																				
7	Tendido de cable	5																						X	X	X	X	X							
8	Reposición de vereda	13														X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
9	Ejecución de pozos a tierra	3																						X	X	X									
10	Montaje de equipos en SSEE	6																									X	X	X	X	X	X			
11	Pruebas y puesta en servicio	2																																	X

Tabla 2 Cronograma ejecución del proyecto

Fuente: Propia

CONCLUSIONES

Se ha logrado el diseño de un sistema de utilización en media tensión a nivel de 22.9KV (operación inicial 10kv) mediante el dimensionamiento de equipos electromecánicos para una subestación tipo convencional, el cual mediante cálculos se determinó la selección del transformador de distribución, celdas de protección, fusible y sistema de puesta a tierra.

Se determinó la potencia del transformador de distribución y se seleccionó el más adecuado, la cual es de 630 KVA 22.9/0.46-0.22 KV, YNyn6 para la máxima demanda que requiere. Adicional el cliente ha adquirido un transformado de distribución de 1250 kVA, 22.9/0.46-0.22 KV, YNyn6, 5000msnm ya que tiene pensado a futuro aumentar su máxima demanda mediante la adquisición de más equipos industriales. Todos los cálculos se han realizado en base al transformado de distribución adquirido por el cliente.

Se determinó el conductor eléctrico a utilizar desde el PMS hasta la subestación tipo convencional el cual es el cable NA2XSY 18/30KV 1x50mm² el cumple con los cálculos realizados de Id, caída de tensión, otros; además cumple con las normas establecidas por el CNE UTILIZACION sección 030.

Se logró el calcular la capacidad de corriente del fusile en M.T. el cual debe tener una capacidad de corriente de 63A; con el cual determinamos las celdas de protección. Para el proyecto seleccionamos para la celda de llegada (tipo GAM2) y para la celda de protección para transformador (tipo QM) Merlin Gerin – Schneider electric S.A.

Se pudo determinar mediante cálculo la resistencia de la puesta a tierra, el valor obtenido es de 13.07 ohm, el cual cumple con normas de acuerdo al CNE- Utilización, Sección 060-712, y la Norma de Luz del Sur SD-3-160 la cual indican que la resistencia no excederá de 15Ω.

Se ha contemplado la ejecución de 2 sistemas de puesta a tierra, los cuales estarán ubicados afuera de la subestación proyectada tipo convencional, el cual se encuentra separado en tres sistemas, el primero será para media tensión, el segundo para baja tensión.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la elaboración de un procedimiento de mantenimiento y seguridad en subestaciones tipo convencional para seguridad del personal y efectividad del trabajo a realizar, dicho procedimiento debe ser entregado al propietario.

Se recomienda una adecuada instalación del transformador, con la utilización una base sólida en la cual pueda ser asentado el transformador; además del adecuado tamaño del buzón para que a futuro el mantenimiento pueda ser realizado con comodidad para el personal.

Se recomienda que al momento de la instalación del conductor se deba tener el mayor cuidado para no causarle abolladuras que puedan quitar el aislamiento del conductor.

Se recomienda la adquisición de las celdas propuestas ya que son de reconocida marca el cual da garantía y fiabilidad de todo el sistema.

Se recomienda el uso de teluometro calibrado para la medición de resistencia de la puesta a tierra con el cual se debe de obtener el valor de resistencia calculado; además de personal calificado para la ejecución de la puesta a tierra.

BIBLIOGRAFÍA

Acometida trifásica (2015). Recuperado en enero 29, 2019.

Disponible en www.es.scribd.com/doc/3806959/ACOMETIDA-TRIFASICA

Tipos de subestaciones eléctricas (2016). Recuperado en enero 27, 2019.

Disponible en www.es.scribd.com/doc/173723006/tipos-de-subestaciones-electricas-pdf

Transformadores de potencia (2016). Recuperado en enero 27, 2019.

Disponible en www.academia.edu/8308786/TRANSFORMADORES_DE_POTENCIA

Tipos de transformador de distribución (2018) recuperado en enero 27, 2019.

Disponible en www.transformadores.cl/blog/tipos-transformador-distribucion

García, R. (1991). La puesta a tierra de instalaciones eléctricas y el r.a.t.

Recuperado en marzo 30, 2019

Disponible en

www.books.google.com.pe/books?id=iQ8iYy7RT4gC&printsec=frontcover&dq=puesta+a+tierra&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiF0sTLjI3gAhVOh-AKHbvsBVgQ6AEINDAB#v=onepage&q&f=false

Equipamiento de subestaciones de distribución (2017). Recuperado en marzo 15, 2019.

Disponible en www.slideshare.net/YOELASCENCIOCHARRI/equipamiento-de-subestaciones-de-distribucion

Tecnología de corte en vacío y componentes en media tensión (2007). Recuperado en marzo 20, 2019.

Disponible en

w3.siemens.com/powerdistribution/global/SiteCollectionDocuments/en/mv/outdoor-devices/fusesaver/brochure-Vacuum-switching-technology-and-components_es.pdf

Transformadores de medida en media tensión (2014). Recuperado en 20, 2019.

Disponible en www.ritz-international.com/wp-content/uploads/2015/12/RITZ-Transformadores_de_medida_tension_standard_ESP_2014_01.pdf

Código nacional de electricidad SUMINISTRO (2011). Recuperado en marzo 30, 2019.

Disponible en [www.http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Mayo/05/RM-214-2011-MEM-DM.pdf](http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Mayo/05/RM-214-2011-MEM-DM.pdf)

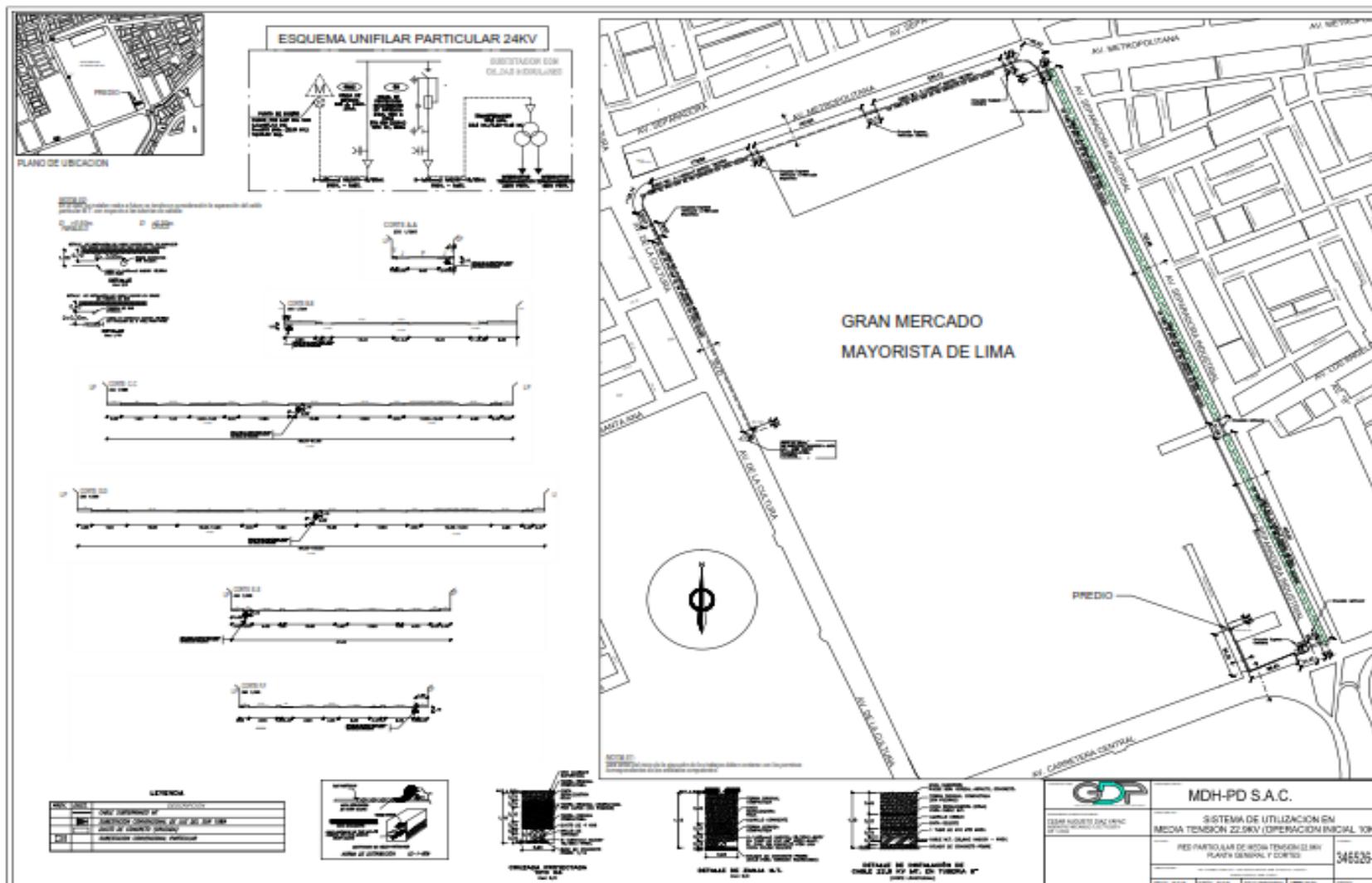


Figura 20 Plano ubicación geográfica subestación proyectada

Fuente: Propio