

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 DE 22.9
KV, PARA LA ESTACIÓN BASE CELULAR, COMPAÑÍA MINERA
ALPAMARCA, JUNÍN - 2020”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

RIVERA TIBURCIO, LAYNER DURAY

ASESOR

FLORES CÁCERES, RICHARD

Villa El Salvador

2020

DEDICATORIA:

A mi familia, por su colaboración y disponibilidad en todo momento, por su apoyo y comprensión en el día a día.

AGRADECIMIENTO:

A Dios por su protección, a mi familia, por el apoyo que me brindan y por ser mi mayor motivación en todo momento.

ÍNDICE

Resumen.....	vii
Introducción.....	viii
Objetivos	1
a. Objetivo General.....	1
b. Objetivos Específicos	1
Capítulo I: Marco Teórico	2
1.1 Bases Teóricas.....	2
1.1.1 Antecedentes	2
1.1.2 Sistema de utilización MT	3
1.1.3 Transformador.....	5
1.1.4 Conductores Eléctricos	8
1.1.5 Sistema de Medición	14
1.2 Definición de Términos Básicos	16
Capítulo II: Metodología de Desarrollo del Trabajo Profesional.....	17
2.1 Delimitación temporal y espacial del trabajo.....	17
2.1.1 Delimitación temporal.....	17
2.1.2 Delimitación espacial.....	17
2.2 Determinación y análisis del problema	17
2.3 Modelo de solución Propuesto	18
2.3.1 Consideraciones de Diseño	20
2.4 Resultados.....	38
Conclusiones.....	42
Recomendaciones.....	43
Bibliografía	44
Anexos	46
Anexo 01: Datos Técnicos del Conductor	47
Anexo 02: Datos Técnicos Transformador de Potencia	49

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Transformador de potencia trifásico.....	6
Figura 2: Constitución básica de un transformador.....	7
Figura 3: Aisladores MT.....	11
Figura 4: Cuchilla seccionadora sin carga.....	11
Figura 5: Cuchilla seccionadora con carga.....	12
Figura 6: Apartarrayo.....	13
Figura 7: Trafomix.....	14
Figura 8: Medidor electrónico de media tensión.....	15
Figura 9: Ubicación del sistema MT.....	19
Figura 10: Medidas de la cruceta.....	36
Figura 11: Diagrama unifilar.....	37

LISTADOS DE TABLAS

Tabla 1: Área de los conductores con calibres AWG.	9
Tabla 2: Área de los conductores con calibres MCM.	9
Tabla 3: Calibre mínimo del conductor de acuerdo a su tensión nominal.	10
Tabla 4: Cuadro de cargas.	19
Tabla 5: Datos del conductor.	21
Tabla 6: Distancia vertical mínima entre conductores de un mismo circuito a mitad de vano.	34
Tabla 7: Distancia mínima del conductor a la superficie del terreno.	34
Tabla 8: Distancia mínima a edificaciones y otras construcciones.	35
Tabla 9: Capacidad de corriente del cable AAAC de 35mm ²	39

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como propósito describir el diseño del sistema de utilización en media tensión (MT) de 22.9 KV, para alimentar a la Estación Base Celular, ubicada en el departamento de Junín, a 4,700 m.s.n.m. y a 182 km al este de Lima; la misma que cuenta con una tensión del sistema de 10-22.9 kV, 2 Φ , frecuencia de 60Hz, con un factor de potencia de 0.90 (atraso); para lo cual inicialmente se determinó la máxima demanda del sistema de utilización, siendo este de 13.5 KW; además se determinó la potencia del transformador y se realizó el dimensionamiento del conductor, obteniendo un valor de 15 KVA y 35 mm² (Aleación de Aluminio tipo AAAC), respectivamente. Los resultados fueron validados con las normas correspondientes, las mismas que evidenciaron un óptimo procedimiento en el diseño del sistema MT.

Palabras claves: Sistema de utilización, Máxima demanda, Transformador, Media tensión (MT).

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de suficiencia profesional describe el diseño del sistema de utilización MT de 22.9 KV, para la Estación Base Celular, ubicado en la Compañía Minera Alpamarca; motivo por el cual en el capítulo I, precisaré los puntos que desarrollare, a través del objetivo general y objetivos específicos. Luego en el capítulo I, se desarrollará las bases teóricas, que utilizaré para el desarrollo de mi propuesta de solución. Y en el Capítulo II, realizara el desarrollo de las propuestas de solución, motivo por el cual iniciaré determinando la máxima demanda de la Estación Base Celular, para luego determinar la potencia del transformador y finalmente realizar el dimensionamiento del conductor a utilizar.

En relación a lo señalado en el párrafo anterior, a continuación, busco contextualizar el tema sobre el cual desarrollo mi trabajo de suficiencia profesional.

Sepúlveda (2019), señala que la minería es una de las actividades económicas más significativas del mundo y una de las vitales fuentes de ingreso de muchos países, como por ejemplo Perú, Chile, Colombia, Bolivia, México, entre otros. Es por ello, por lo que este sector busca permanentemente la utilización de tecnologías que faciliten o ayuden, a aumentar la competitividad y rentabilidad; consiguiendo así también mejorar las condiciones laborales y de seguridad, del personal de las áreas de trabajo involucrados en este proceso productivo.

Guerra (2006), en esa misma línea de opinión, señala que parte fundamental del proceso de extracción de mineral, sea cual sea su tipo, es la comunicación y coordinación entre las diferentes áreas y componentes de una mina. Aparte de ser un tema de logística, también puede llegar a ser de mucha ayuda en casos de accidentes producidos en estos escenarios. Tener un sistema de telecomunicaciones, resulta ser muy importante, necesario, e indispensable, como parte de concebir una minería moderna.

Al respecto Romaní y Saldaña (2019), señalan las redes de telecomunicaciones cuentan con muchas aplicaciones dentro del rubro minero, en el proceso de

extracción de mineral una de las aplicaciones se da al facilitar los procesos logísticos y de comunicación entre las diferentes partes y entre operarios.

Tamayo et al. (2016), señala que el suministro de electricidad, mantiene interconectado a todo el país a través de la alimentación permanente de las instalaciones de telecomunicaciones de las diferentes empresas operadores de Telefonía. Sin electricidad, el funcionamiento, el crecimiento social, económico y la reducción de las brechas digitales, sería inviable.

Román (2016), señala que la función de los sistemas es distribuir la energía a los dispositivos eléctricos y/o electrónicos, que habitualmente presentan inconsistencias en sus sistemas, para impedir o reducir las distorsiones que afectan a estos dispositivos, se debe realizar un correcto diseño, que este respaldado bajo las normas o estándares correspondiente.

Según el código nacional de electricidad, define, a la media tensión como el conjunto de equipos o elementos que se utilizan para transportar la energía eléctrica desde los transformadores hasta las acometidas de los usuarios finales, a tensiones nominales de 10-22.9 KV. (MINEM, 2016)

Al respecto Linares (2009), señala que, para el diseño de un sistema eléctrico MT, se hace necesario calcular la máxima demanda; esto se hace obligatorio para adquirir datos reales y precisos al realizar el dimensionamiento del conductor a utilizar, y por supuesto la potencia del transformador a emplear en el Sistema MT.

OBJETIVOS

a. **Objetivo General**

Diseñar el sistema de utilización en media tensión de 22.9 KV, en la Estación Base Celular, para la Compañía Minera Alpamarca, Junín – 2020.

b. **Objetivos Específicos**

- Determinar la máxima demanda del sistema de utilización en media tensión 22.9 KV, para la Estación Base Celular, para la Compañía Minera Alpamarca, Junín – 2020.
- Determinar la potencia del transformador a emplear en el sistema de utilización en media tensión de 22.9 KV, para la Estación Base Celular, en la Compañía Minera Alpamarca, Junín – 2020.
- Realizar el dimensionamiento del conductor a emplear en el sistema de utilización de media tensión 22.9 KV, desde el punto de empalme de la red de media tensión hasta las borneras del transformador para la Estación Base Celular, en la Compañía Minera Alpamarca, Junín – 2020.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Bases Teóricas

1.1.1 Antecedentes

Romaní, B. & Saldaña, A. (2019). En la tesis titulada Diseño de un sistema de utilización en media tensión 10 – 22.9 KV - 3Φ, para mejorar la calidad de la energía eléctrica; en la Escuela de Pregrado de la Universidad César Vallejo del Perú; se tiene como objetivo general: Diseñar un sistema MT, el cual suministrara energía eléctrica en la UCV. Desarrollado el proyecto, se concluye que se determinó la máxima demanda partiendo del punto de exigencias para un funcionamiento de calidad, realizando los cálculos de manera correcta para el óptimo desempeño eléctrico.

Camargo, M. (2015). En la tesis titulada Diseño del sistema eléctrico de potencia para la ampliación de planta beneficio de la compañía minera Shougang Hierro Perú S.A.A; en la Escuela de Pregrado de la Universidad Nacional del Centro del Perú; se tiene como objetivo general: Diseñar la topología y las características de operación del sistema eléctrico. Desarrollado el proyecto, se concluye que el diseño garantiza, la calidad y continuidad del suministro eléctrico.

Román, L. (2016). En la tesis titulada Diseño de instalaciones en MT y BT; en la Escuela de Pregrado de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil de Ecuador; se tiene como objetivo general: Diseñar el cálculo para el sistema eléctrico en media y baja tensión. Desarrollado el proyecto, se concluye que se calculó correctamente la máxima demanda, logrando obtener una óptima memoria técnica, por medio de la aplicación adecuada de las normas y consideraciones vigentes.

Quintero, M. (2016). En la tesis titulada Diseño de circuito de media tensión para alimentar el corregimiento de San José de Oriente

(CESAR); en la Escuela de Pregrado de la Universidad de la Costa de Colombia; se tiene como objetivo general: Diseñar un circuito de media tensión para suministrar energía eléctrica al corregimiento de San José de Oriente (Cesar). Desarrollado el proyecto, se concluye que, se logró suministrar energía eléctrica al corregimiento de San José de Oriente, evitando así la interrupción indeseada del suministro energético de la población.

Gelvez, J. (2016). En la tesis titulada Diseño del sistema eléctrico para la Universidad Nacional Experimental de las Fuerzas Armadas; en la Escuela de Pregrado de la Universidad de Carabobo de Venezuela; se tiene como objetivo general: Diseñar el sistema eléctrico para la Universidad Nacional Experimental de las Fuerzas Armadas, ubicada en el Estado Nueva Esparta. La investigación resalta la importancia de aplicar correctamente las normas referentes a instalaciones eléctricas debido a que ello conlleva a instalación segura y confiable.

Domínguez, E. y Molina, M. (2016). En la tesis titulada Diseño de las redes del sistema de distribución de la empresa eléctrica regional Centro Sur C.A; en la Escuela de Pregrado de la Universidad de Cuenca de Ecuador; se tiene como objetivo general: Diseñar y determinar los niveles de calidad de la red de distribución. Desarrollado el proyecto, se concluye que, diseñar y determinar las características de diseño correctamente, reduce el sobredimensionamiento de los transformadores aproximadamente en un 10%.

1.1.2 Sistema de utilización MT

Figueroa (2015), define al sistema de utilización como aquel sistema que recoge la electricidad generada por las plantas de producción a través de la red de transporte. Para luego transportarla en alta tensión a las redes de distribución y posteriormente, reducir la energía a voltajes más bajos y entregarlos a las empresas de

distribución, que la llevan al consumidor final. Ello con los siguientes niveles de tensión.

- Baja Tensión: 380/220V, 440/220V
- Media Tensión: 20.0Kv, 22.9Kv, 22.9/10Kv, 33Kv, 33/19kV

Así también Quintero (2016), señala que, en los sistemas de utilización, el sistema de energía es propiedad y está operado por el servicio público. Este sistema consiste en la generación desde una ubicación remota, líneas de transmisión de alto voltaje y líneas de distribución de alto voltaje que terminan en un transformador, empleando normalmente cable de Aleación de Aluminio. Los sistemas pueden ser monofásico, bifásico y trifásico.

a) Sistema monofásico

La energía monofásica se conoce como "voltaje residencial", ya que es el que utilizan la mayoría de los hogares. En la distribución de energía, una monofásica utiliza los cables de fase y neutro. El cable de fase transporta la carga actual, mientras que el cable neutro proporciona una ruta por donde regresa la corriente. (Román, 2018).

b) Sistema bifásico

En los sistemas bifásicos las formas de onda de voltaje en los dos conductores están desfasadas 90° . Las corrientes neutras en un sistema bifásico balanceado no se cancelan, por lo que necesita dos conductores neutrales o un solo conductor más grande. (Bravo, 2018).

c) Sistema trifásico

La energía trifásica proporciona tres corrientes alternas, con tres servicios eléctricos separados. Cada tramo de corriente alterna alcanza un voltaje máximo, solo separado por $1/3$ del tiempo en un ciclo completo. En otras palabras, la potencia de

salida de una potencia trifásica permanece constante y nunca cae a cero. En una fuente de alimentación trifásica, requiere cuatro cables, a saber, un cable neutro y cables de tres conductores. Estos tres cables conductores están a una distancia de 120 grados entre sí. Además, cada señal de alimentación está desfasada 120° entre sí. (Román, 2018).

1.1.3 Transformador

Los transformadores de potencia son máquinas que transfieren electricidad de un circuito a otro con un nivel de voltaje variante, pero sin cambio de frecuencia. Hoy en día, están diseñados para usar suministro alterno, lo que significa que la fluctuación en la corriente afecta la fluctuación en el voltaje de suministro. Entonces, un aumento en la corriente provocará un aumento en el voltaje y viceversa. Los transformadores ayudan a mejorar la seguridad y la eficiencia de los sistemas de energía al aumentar y reducir los niveles de voltaje cuando sea necesario. (Quintero, 2016).

Un transformador de potencia utiliza la ley de inducción electromagnética de Faraday para funcionar: La tasa de cambio del enlace de flujo con respecto al tiempo es directamente proporcional a la EMF inducida en un conductor o bobina. La base física de un transformador radica en la inducción mutua entre dos circuitos que están unidos por un flujo magnético común. Por lo general, está equipado con 2 devanados: primario y secundario. Estos devanados comparten un núcleo magnético que está laminado y la inducción mutua que tiene lugar entre estos circuitos ayuda a transferir la electricidad de un punto a otro. (Quintero, 2016).

En la siguiente figura se muestra las partes de un transformador de potencia trifásico.

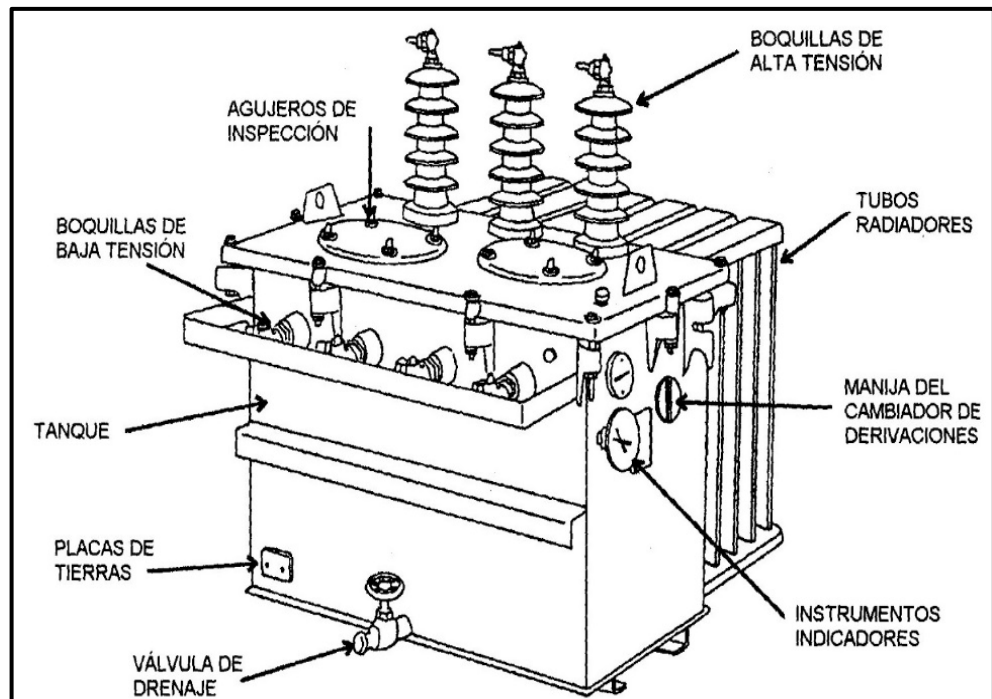


Figura 1: Transformador de potencia trifásico.
Fuente: (Bravo, 2018).

Los tres componentes importantes de un transformador eléctrico son un núcleo magnético, un devanado primario y un devanado secundario. El devanado primario es la parte que está conectada a una fuente eléctrica, desde donde se produce inicialmente el flujo magnético. Estas bobinas están aisladas entre sí y el flujo principal se induce en el devanado primario desde donde pasa al núcleo magnético y se conecta al devanado secundario del transformador a través de una ruta de baja reluctancia. (Figuroa, 2015).

El núcleo transmite el flujo al devanado secundario para crear un circuito magnético que cierra el flujo y se coloca una ruta de baja reluctancia dentro del núcleo para maximizar el enlace del flujo. El devanado secundario ayuda a completar el movimiento del fundente que comienza en el lado primario y, utilizando el núcleo, llega al devanado secundario. El devanado secundario puede tomar impulso porque ambos devanados están enrollados en el mismo núcleo y, por lo tanto, sus campos magnéticos ayudan a crear movimiento. En todos los tipos de transformadores, el núcleo magnético se ensambla

apilando láminas de acero laminado dejando el espacio de aire mínimo requerido entre ellas para asegurar la continuidad del camino magnético. (Figueroa, 2015).

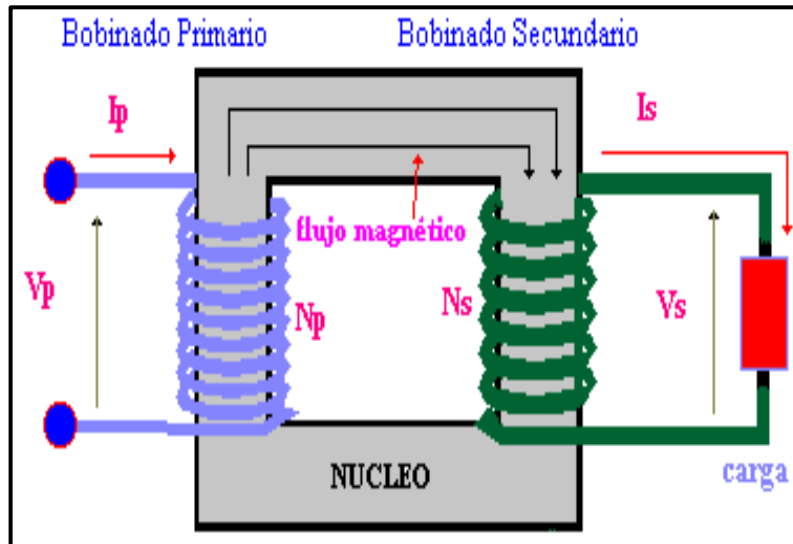


Figura 2: Constitución básica de un transformador.
Fuente: (Bravo, 2018).

Un transformador eléctrico no emplea partes móviles para transferir energía, lo que significa que no hay fricción y, por lo tanto, no hay pérdidas por efecto del viento. Sin embargo, los transformadores eléctricos sufren pérdidas insignificantes de cobre y hierro. Las pérdidas de cobre ocurren debido a la pérdida de calor durante la circulación de corrientes alrededor de los devanados de cobre, lo que resulta en una pérdida de energía eléctrica. Esta es la mayor pérdida en el funcionamiento de un transformador eléctrico. (Figueroa, 2015).

Las pérdidas de hierro son causadas por el retraso de las moléculas magnéticas que se encuentran dentro del núcleo. Este retraso ocurre en respuesta a la alternancia del flujo magnético que resulta en fricción y esta fricción produce calor que conduce a la pérdida de potencia en el núcleo. Esta pérdida se puede reducir en gran medida si el núcleo se construye con aleaciones de acero especiales. (Figueroa, 2015).

La intensidad de la pérdida de potencia determina la eficiencia de un transformador eléctrico y se representa en términos de pérdida de

potencia entre los devanados primario y secundario. La eficiencia resultante se calcula luego en términos de la relación entre la potencia de salida en el devanado secundario y la potencia de entrada en el devanado primario. Idealmente, la eficiencia de un transformador eléctrico está entre el 94% y el 96%. (Figuroa, 2015).

1.1.4 Conductores Eléctricos

Quintero (2016), señala que los conductores, permiten realizar las conexiones eléctricas, y su función es conducir la corriente eléctrica, transportándola a los receptores. Existen diversas variedades para todos los usos en el campo eléctrico (alta corriente, baja corriente, aislado, unipolar, multipolar, entre otros).

Los conductores eléctricos pueden ser elaborados en cobre o aluminio; mientras que su aislamiento dependerá del requerimiento para ello se debe tener en cuenta los siguientes fundamentos:

- Áreas deshumedecidas: FEP, FEPB, MTW, PFA, RHH, RHW, RHW-2, S.A, 6 THHN, THW-2, THHW, THHW-2, THWN, THWN-2, TW, XHH, XHHW, WHHW-2 o ZW.
- Áreas húmedas: FEP, FEPB, MTW, PFA, RHH, RHW, RHW-2, TW, THW, THW-2, THHW, THHW-2, THWN, THWN-2, XHHW, XHHW-2, ZW.

La tabla 1 muestra el área de los conductores respecto a su calibre AWG.

Tabla 1:
Área de los conductores con calibres AWG.

Calibre (AWG)	Área (mm ²)
12	3,31
10	5,27
8	8,35
6	13,30
4	21,20
2	33,60
1/0	53,5
2/0	67,4
4/0	107

Fuente: (Quintero, 2016)

La tabla 2 muestra el área de los conductores respecto a su calibre MCM.

Tabla 2:
Área de los conductores con calibres MCM.

Calibre (MCM)	Área (mm ²)
250	126,644
350	177,354
500	235,354

Fuente: (Román, 2016)

Asimismo, para poder seleccionar los calibres de los conductores eléctricos, se debe tomar en cuenta lo siguiente: (Figueroa, 2015).

- Disposición del medio conductor de corriente.
- Caída de tensión.
- Valor de la potencia

La tabla 3 muestra la selección del calibre según la tensión nominal del conductor.

Tabla 3:
Calibre mínimo del conductor de acuerdo a su tensión nominal.

Tensión nominal del conductor (Volt)	Calibre mínimo del conductor (AWG)
De 0 a 2000	14 de cobre
	12 de aluminio o aluminio recubierto de cobre
De 2001 a 8000	8
De 8001 a 15000	2
De 15001 a 28000	1
De 28001 a 35000	1/0

Fuente: (Román, 2016)

1.1.4.1 Componentes de MT

Álvarez (2019), señala que los componentes son los siguientes:

a. Aisladores

Estos componentes están destinados a aislar eléctrica y mecánicamente un material o conductores sujetos a diferentes potenciales. De todos los materiales aislantes, los compuestos de poliéster y fibra de vidrio son los que cuentan con mejores características. Asimismo, los aisladores que están moldeados por compresión ofrecen las mejores características mecánicas. (Álvarez, 2019).

Los aisladores son colocados directamente sobre las líneas eléctricas aéreas, con las funciones principales de evitar que la corriente eléctrica que fluye en los cables pase a través de las torres. Para ello, deben resistir los movimientos de los cables que están

sometidos a los efectos del viento, la lluvia y la nieve. (Quintero, 2016).



Figura 3: Aisladores MT.
Fuente: (Quintero, 2016).

b. Cuchillas seccionadoras sin carga

La flecha de accionamiento gira dentro de bujes de material anticorrosivo de baja fricción, previniendo así el desgaste y oxidación, manteniéndose en óptimas condiciones aún después de un largo período de instalación y uso. (Figuroa, 2015).

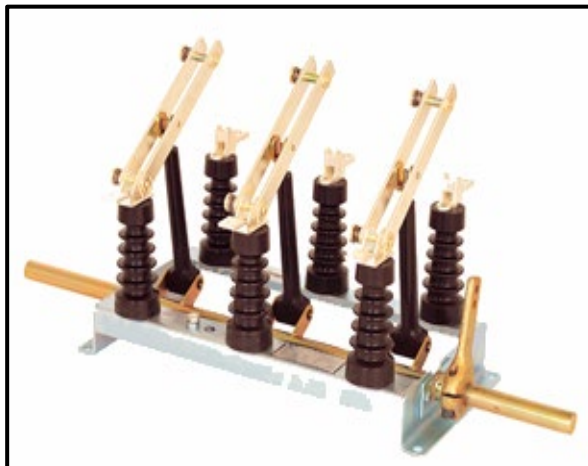


Figura 4: Cuchilla seccionadora sin carga.
Fuente: (Figuroa, 2015).

c. Cuchillas seccionadoras con carga

Cuentan con hojas de alta visibilidad; y permite que los dispositivos eléctricos estén protegidos con una mayor capacidad de corte. Brindan un rendimiento confiable, seguro y dan continuidad al servicio, se pueden emplear en redes de media tensión de hasta 38Kv. Los dispositivos de conexión y desconexión de cuchillas con carga son equipos tripolares.



Figura 5: Cuchilla seccionadora con carga.
Fuente: (Álvarez, 2019).

d. Apartarrayos

El apartarrayos elimina sobretensiones transitorias en las redes de distribución eléctrica. Estos pueden ser causados por rayos, pero también por el funcionamiento de dispositivos eléctricos. En ese sentido el apartarrayos es un dispositivo contra sobretensiones, protege tanto los circuitos de potencia (monofásicos o trifásicos) como los circuitos fotovoltaicos. (Román, 2016).

Existen varios tipos de apartarrayos; sin embargo, el apartarrayo modular se instala en el cuadro eléctrico y protege todos los circuitos eléctricos. Las regletas e inversores se instalan en enchufes eléctricos existentes y protegen los dispositivos que están conectados a este tomacorriente. (Román, 2016).



Figura 6: Apartarrayo.
Fuente: (Quintero, 2016).

1.1.4.2 Factor de potencia

Es la relación de la potencia activa (kW) empleada en un sistema y la potencia aparente (KVA) que se obtiene de red de alimentación. Para ello se puede diferenciar tres tipos de potencia: (Álvarez, 2019).

- Potencia aparente (KVA), $S = V.I$
- Potencia efectiva (kW), $P = V.I.Cos\varphi$
- Potencia reactiva (KVAR), $Q = V.I.Sen\varphi$

Se puede decir, que el factor de potencia implica un incremento de la corriente aparente y ello conlleva a un incremento de las pérdidas eléctricas del sistema, en otras palabras, refleja una eficiencia eléctrica baja, ello siempre suele ser costoso, debido a que el consumo de potencia activa es menor que el producto $V \times I$ (potencia aparente). (Quintero, 2016).

1.1.5 Sistema de Medición

1.1.5.1 Trafomix

Este tipo de transformador, está compuesto por devanados mixtos que contienen devanados planos y devanados verticales y es empleado para reducir la tensión y la corriente.



Figura 7: Trafomix.

Fuente: (<http://fasetron.com/productos/transformador-integrado-de-medida-bifasico-mrt-tmea11/>)

1.1.5.2 Medidor Electrónico

Son capaces de calcular la energía activa y reactiva consumida y suministrada, en tiempo real, monitoreando además la confiabilidad de la red eléctrica. Con la media tensión y la corriente convertidas en corrientes y voltajes medibles y estandarizados, el medidor de media tensión cuenta con factores incorporados para escalar correctamente los valores informados (V, A, kW, kWh, etc.) al apropiado nivel del sistema.



Figura 8: Medidor electrónico de media tensión.

Fuente: (<https://www.indiamart.com/proddetail/abt-energy-meters-elster-a1800-4356031297.html>)

1.2 Definición de Términos Básicos

- Autotransformador: Un transformador en el que al menos dos devanados tienen una sección común. Son usados para reducir o aumentar el voltaje de la línea entrante.
- Acometida: Instalaciones, materiales y equipos eléctricos entre la red de distribución del operador y prestador del servicio y el punto de entrega para la conexión del servicio al usuario.
- Alimentador: Circuito de distribución en media tensión.
- Bandeja de cables: Un sistema estructural rígido que se utiliza para soportar cables y conductos de rodadura.
- Conductividad: La capacidad de un conductor para transportar electricidad, generalmente expresada como un porcentaje de la conductividad de un conductor de cobre blando del mismo tamaño.
- Conductor: Un cable o combinación de cables adecuados para transportar una corriente eléctrica, pueden estar aislados o desnudos.
- Estación Base Celular: Es una estación de transmisión y recepción situada en un lugar fijo, compuesta de una o más antenas, y un conjunto de circuitos electrónicos, utilizada para manejar el tráfico telefónico.
- Fuente auxiliar: La potencia necesaria para el correcto funcionamiento de un dispositivo eléctrico o electrónico, suministrada a través de una fuente de alimentación auxiliar externa en lugar de la línea que se está midiendo.
- Máxima demanda: Es el valor más alto de las demandas integradas en periodos sucesivos de quince minutos.
- Media tensión: Instalaciones eléctricas con tensión nominal de entre 1 y 36 KV.

CAPITULO II

METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

2.1 Delimitación temporal y espacial del trabajo

2.1.1 Delimitación temporal

El proyecto al cual se hace referencia en este trabajo de suficiencia profesional, se desarrolló durante los meses de enero a marzo de 2020.

2.1.2 Delimitación espacial

El proyecto al cual se hace referencia en este trabajo de suficiencia profesional, tiene como delimitación espacial, la compañía minera Alpamarca, la cual, se encuentra ubicada en el departamento de Junín, Perú.

2.2 Determinación y análisis del problema

La compañía minera Alpamarca es un yacimiento polimetálico de vetas de plomo, zinc, plata y cobre, y se encuentra ubicado a 4,700 m.s.n.m. en el distrito de Santa Bárbara de Carhuacayán, departamento de Junín; y actualmente necesita poner en operatividad una Estación Base Celular, para establecer una óptima conectividad de telefonía móvil entre los trabajadores, dentro y fuera de sus instalaciones.

La realidad problemática se centra en la carencia de un sistema eléctrico propio que alimente la Estación Base Celular, esto debido a que la zona es catalogada como zona rural y de poco desarrollo; por lo que, el sistema eléctrico con el que se cuenta, presenta múltiples fallas, debido a las variaciones de tensión como consecuencias de las cargas inductivas, reactivas y la caída de tensión.

Debido a que la compañía minera Alpamarca, ha tenido un crecimiento de su infraestructura, se ha generado un incremento en el consumo eléctrico, por lo cual las cargas actuales han ido sobredimensionándose, motivo por el cual,

se presenta múltiples fallas en los equipos de cómputo, eléctricos y electrónicos.

El incremento de las cargas eléctricas, al ser del tipo inductivo, consume una gran cantidad de potencia reactiva, trayendo consigo la disminución del factor de potencia, a consecuencia de ello, se genera la caída de tensión en las líneas del sistema eléctrico; esta problemática se refleja en las pérdidas económicas de la compañía minera.

En otras palabras, al no tener un sistema eléctrico de media tensión, que opere de manera adecuada, se presenta múltiples caídas de tensión, lo que genera paradas en el sistema de producción de la minera; a todo esto se suma, que no se otorga una correcta alimentación del suministro eléctrico de la Estación Base Celular que posee la minera Alpamarca, lo que genera que las actividades no se pueden realizar de manera continua, trayendo por estos motivos, pérdida económica para la compañía minera; debido a que la gran mayoría de sus operaciones necesitan un monitoreo permanentemente en sus procesos y una coordinación constante de cada movimiento de su personal.

2.3 Modelo de solución Propuesto

Como parte del desarrollo de solución, se indica que, la Estación Base Celular de la compañía minera Alpamarca; cuenta con una tensión del sistema de 10 – 22.9 kV, 2 Φ , frecuencia de 60Hz, con un factor de potencia de 0.90 (atraso), y el punto de diseño tiene las siguientes coordenadas de ubicación geográfica son: Latitud -11.2086390° Sur, Longitud -76°,4506670 Oeste y altitud 4836 msnm.

En la figura 9 se muestra la ubicación donde se realizará el diseño eléctrico, para sistema de media tensión de la estación base de comunicaciones de la compañía minera Alpamarca.



Figura 9: Ubicación del sistema MT.
Fuente: (Google Earth, 2020)

Seguidamente en la siguiente tabla se muestra el cuadro de cargas, con el cual se determinará la máxima demanda (MD) del sistema, es importante indicar, que la fórmula de la máxima demanda fue otorgada por la compañía minera Alpamarca.

Tabla 4:
Cuadro de cargas.

CUADRO DE CARGAS				
SECTORES	MD - kW	Cantidad	F. S	kW
EBC	9.57	01	1.00	9.57
UPS	mm	01	0.30	0.45
Tomacorrientes	0.50	01	0.80	0.40
Luminarias Internas	0.20	01	0.75	0.15
Luz de balizaje	1.00	01	0.50	0.50
Panel inteligente	0.20	01	1.00	0.20
Reserva	0.20	01	0.80	0.16
SUB – TOTAL				11.43
Perdidas de potencia (5%)				0.57
POTENCIA TOTAL (kW)				12.00
POTENCIA DEL TRANSFORMADOR (KVA)				15.00

Fuente: (Compañía Minera Alpamarca)

$$MD = \frac{\text{Potencia Total} + \text{Potencia del transformador}}{2} \quad (1)$$

$$\text{Máxima Demanda (MD)} = \frac{12 + 15}{2} = 13.5 \text{ kW}$$

A continuación, se desarrolla los cálculos de diseño del sistema eléctrico de media tensión de la línea Bifásica de 22.9-10 KV.

2.3.1 Consideraciones de Diseño

2.3.1.1 Normas Aplicables

Los cálculos se han desarrollado en base a normas vigentes DEP/MEM y disposiciones relacionadas con este fin; estas son:

- Código Nacional Eléctrico - Suministro 2016
- R.D. 018-2003-EMDGE – Norma DGE Bases para el Diseño de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural.

En forma complementaria, se han tomado en cuenta las siguientes normas internacionales:

- NESC (National Electrical Safety Code)
- Rus Bulletin 160-2 Y Rus Bulletin 1724E-200
- ANSI (American National Standard Institute)
- IEC (International Electrotechnical Commission)

2.3.1.2 Dimensionamiento del conductor

Para el diseño de la sección de los conductores, se ha tenido en cuenta que la máxima caída de tensión no exceda del 2.9% de la tensión nominal entre el primario del transformador de distribución y el punto de alimentación.

La Norma 501 establece que el material de los conductores para líneas primarias sea de Aleación de Aluminio tipo AAAC.

En la siguiente Tabla se muestra los datos del conductor, estos datos fueron proporcionados por la compañía.

Tabla 5:
Datos del conductor.

DATOS DEL CONDUCTOR	
NORMA 501	
SECCIÓN (mm ²)	35
MATERIAL	AAAC
DIÁMETRO (mm)	7,50
RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20 °C (Ω/km)	0,966
COEFICIENTE TÉRMICO DE RESISTENCIA (1°/C)	0,0036

Fuente: (Norma 501)

A. Determinar la resistencia eléctrica de los conductores

$$R1 = R45 [1 + 0,0036 (t - 20^\circ)] \quad (2)$$

Donde:

- R45 = Resistencia del conductor en c.c. a 45°C, en ohm/km (Según fabricante 1.053 Ω/km)
- t = Temperatura máxima de operación en °C. (45°C)

Reemplazando:

$$R1 = 1.053 [1 + 0,0036 (45^\circ - 20^\circ)]$$

$$R1 = 1.1477 \Omega/km$$

B. Determinar la reactancia Inductiva (XL)

$$XL = X_L = 377 * \left(0.5 + 4.6 - \text{Log} \left(\frac{\text{DMG}}{r_e} \right) \right) * 10^{-4} \quad (3)$$

Donde:

- DMG= Distancia media geométrica, e igual a 2 m
- r= Radio del conductor (0.00338 m)

Reemplazando:

$$XL = X_L = 377 * \left(0.5 + 4.6 - \text{Log} \left(\frac{2}{0.00338} \right) \right) * 10^{-4}$$

$$XL = X_L = 0.087 \Omega/km$$

C. Cálculo de los fusibles

De la tabla 4 se tiene una demanda máxima de 13.5 kW.

$$In = \frac{P}{V_L \cos \phi} \quad (4)$$

$$In = \frac{13.5}{13.2 * 0.9}$$

$$In = 1.136 A$$

Para el Seccionador Cut Out, se cumple el siguiente criterio:

$$If \geq 1.5 In = 1.5 * 1.136$$

$$I_f \geq 1.704 A$$

Con este resultado, se seleccionará dos fusibles tipo chicote de 2A para el Seccionador Cut Out.

D. Por capacidad de corriente

$$I_n = P (KVA) * \frac{1000}{V} \quad (5)$$

Donde:

- P= Potencia aparente del transformador (15 KVA)
- V= 220V

Reemplazando:

$$I_n = 15 * \frac{1000}{220}$$

$$I_n = 68.18 A$$

2.3.1.3 Cálculo de la caída de tensión

Para realizar este cálculo, se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\Delta V\% = PL \frac{(r_1 + X_2 Tg\phi)}{10V_L^2} \quad (6)$$

$$\Delta V\% = K_2 PL \quad (7) \quad ; \quad K_2 = \frac{r_1 + X_2 Tg}{10V_L^2} \quad (8)$$

Donde:

- $\Delta V\%$ = Caída porcentual de tensión.
- P = Potencia, en kW. (Según diagrama unifilar 12)

- L = Longitud del tramo de línea, en km. (Según diagrama unifilar 484.71m)
- VL = Tensión entre fases, en kV.
- Vf = Tensión de fase - neutro, en kV.
- r1 = Resistencia del conductor, en Ω / km.
- X2 = Reactancia inductiva para sistemas bifásicos a la tensión entre fases, en Ω /km.
- ϕ = Angulo de factor de potencia.
- K = Factor de caída de tensión.
- Reemplazando los datos para hallar K2 (8):

$$K_2 = \frac{1.1477 + 0.087 * 0.4843}{10 * 10^2} = 0.00118$$

Debido a que no se cuenta con información exacta de la caída de tensión en la estructura del punto de diseño, consideramos una caída de tensión de 3%.

La Caída de tensión es (7):

$$\Delta V\% = 3\% + 0.00118 \times 12 \times 0.4847 = 3.0083 \%$$

$$\Delta V\% = 3.686 \% < 5.0\%$$

Cumpliendo este criterio, se señala que, el calibre del conductor seleccionado de Aluminio de 35 mm².

2.3.1.4 Cálculo de los fusibles en BT (If)

La protección se implementó para cada equipo de acuerdo la Potencia del transformador de la EBC es de 13.5 KW.

$$If \geq 1.2 In \quad (9)$$

Donde:

- I_n = Capacidad de corriente (65.22 A)

Reemplazando:

$$I_f \geq 1.2 \times 68.18 \text{ A}$$

$$I_f \geq 81.816 \text{ A}$$

Con este resultado, seleccionamos un interruptor termo magnético bipolar de 82 A, 220 Voltios, 25 KA.

2.3.1.5 Cálculo del transformador

Para seleccionar el transformador se consideró la máxima demanda, que se visualiza en la Tabla 4.

$$P_{(KVA)} \geq \frac{P_{(KV)}}{\cos \phi} \quad (10)$$

Donde:

- $P_{(KV)}$ = Potencia total del sistema (kW), (Según tabla 4, 12.00)
- $P_{(kVA)}$: Potencia del transformador (KVA), (Según tabla 4, 15.00)

$$P_{(KVA)} \geq \frac{12}{0.9} \text{ KVA}$$

$$P_{(KVA)} \geq 13.333 \text{ KVA}$$

$$15 \text{ KVA} \geq 13.333 \text{ kVA}$$

De acuerdo con catálogos del fabricante, la potencia del transformador inmediato superior que corresponde es de 15 KVA; 10-22,9/220 Voltios, 60 Hz de frecuencia.

2.3.1.6 **Determinación del nivel de aislamiento**

La línea Primaria en 10-22.9 KV, recorre zonas de altitudes sobre el nivel del mar que varían entre 300 y 1000 m.s.n.m.

A. Factor de corrección debido a la temperatura (Ft)

$$Ft = \frac{273 + t}{313} \quad (11)$$

Donde:

- t=Temperatura de operación del sistema (°C): (Según fabricante, 40)

Reemplazando:

$$Ft = \frac{273 + 40}{313}$$

$$Ft = 1$$

B. Fuerza de viento sobre el conductor (kg) (Fvc)

$$Fvc = Vb \times \emptyset c \times Pv \times \text{Cos}(\emptyset/2) \quad (12)$$

Donde:

- Vb= Vano básico (m): (Según fabricante, 43)
- $\emptyset c$ = Diámetro del conductor (m): (Según fabricante, 0.0075)
- Pv= Presión del viento (kg/m²): (Según fabricante, 23.63)
- \emptyset =Angulo de la línea (°): (Según fabricante, 5)

Reemplazando:

$$Fvc = 43 \times 0.0075 \times 23.63 \times \text{Cos}(5/2)$$

$$F_{vc} = 7.61 \text{ kg}$$

C. Factor de corrección debido a la altitud (Fh)

$$Fh = 1 + 1.25 x (h - 100) x 10^{-4} \quad (13)$$

Donde:

- h=Altura sobre el nivel de mar (m.s.n.m.): 1000

Reemplazando:

$$Fh = 1 + 1.25 x (1000 - 100) x 10^{-4}$$

$$Fh = 1.00$$

D. Tracción del conductor (kg) (Tc)

$$Tc = 2 x T_{max} x \text{Sen}(\emptyset/2) \quad (14)$$

Donde:

- T_{max}= Tiro máximo (kg): (Según fabricante, 351.75)
- \emptyset =Angulo de la línea (°): (Según fabricante, 5)

Reemplazando:

$$Tc = 2 x 351.75 x \text{Sen}(5/2)$$

$$Tc = 30.686 \text{ kg}$$

E. Factor de corrección

$$F_{corr} = F_t * F_h \quad (15)$$

Donde:

- F_t: Factor de corrección debido a la temperatura = 1
- F_h: Factor de corrección debido a la altitud = 1

Reemplazando:

$$F_{corr} = 1 \times 1$$

$$F_{corr} = 1$$

F. Fuerza total sobre conductor (kg) (Fc)

$$F_c = F_{vc} + T_c \quad (16)$$

Donde:

- Fvc: Fuerza del viento sobre el conductor = 7.61 kg
- Tc= Tracción del conductor = 30.686 kg

Reemplazando:

$$F_c = 7.61 + 30.686$$

$$F_c = 38.296 \text{ kg}$$

G. Línea de fuga (L)

$$L = \frac{V_n * F_{corr} * M}{N * \sqrt{\delta}} \quad (17)$$

Donde:

- Vn: Tensión Nominal del sistema (kV): 22.9
- Fcorr: Factor de corrección = 1
- M: Grado de aislamiento (cm/KV): 1.7
- N: Numero de aisladores = 1
- δ : Densidad relativa del aire = 1

Reemplazando:

$$L = \frac{22.9 \times 1 \times 1.7}{1 \times \sqrt{1}}$$

$$L = 38.93 \text{ cm}$$

H. Carga de los aisladores (Q)

$$Q = Cs \times Fc \text{ (18)}$$

Donde:

- Cs: Coeficiente de seguridad = 3
- Fc: Fuerza total sobre el conductor = 38.296

Reemplazando:

$$Q = 3 \times 38.296$$

$$Q = 114.888 \text{ Kg} \approx 1.13 \text{ kN}$$

I. Tensión disruptiva bajo lluvia mínima (KV) (U)

$$U = 2.1 * (Vn * Fcorr + 5) \text{ (19)}$$

Donde:

- Vn: Tensión Nominal del sistema (KV): 22.9
- Fcorr: Factor de corrección = 1

Reemplazando:

$$U = 2.1 \times (22.9 \times 1 + 5)$$

$$U = 58.59 \text{ kV}$$

De acuerdo con los resultados se seleccionó los siguientes aisladores:

- Para alineamiento y ángulos pequeños de cambio de dirección: 1 Aislador tipo Pin de porcelana.
- Para anclajes, fin de línea y ángulos grandes de cambio de dirección: Aislador Polimérico de Suspensión, de 27 KV, 7 aletas.

Según catalogo se seleccionó lo siguiente:

a) Clase ANSI: 56-3

- Material aislante: Porcelana
- Norma de Fabricación: ANSI C 29.6

b) Dimensiones:

- Diámetro máximo (mm): 266
- Altura (mm): 190
- Longitud de Línea de fuga (cm): 53.3
- Diámetro de agujero para acoplamiento (mm): 35.

c) Características Mecánicas

- Resistencia (KN): 13

d) Características Eléctricas

- Voltaje típico de aplicación (KV): 33
- Flameo de baja frecuencia en seco (KV): 125
- Flameo de baja frecuencia en húmedo (KV): 80
- Flameo crítico al impulso positivo (KVp): 200
- Flameo crítico al impulso negativo (KVp): 265
- Voltaje de perforación a baja frecuencia (KV): 165

- e) Características de radio de interferencia
- Prueba de tensión eficaz a tierra para interferencia (KV): 30
 - Tensión máxima de radio de interferencia a 1000kHz: 200
 - En aislador tratado con barniz semiconductor (uV): 16000
 - Peso neto (Kg): 6

2.3.1.7 Cálculo de puesta a tierra

Las puestas a tierra tienen una configuración básica compuesta de conductor y electrodo de cobre de 35 mm² y 16mm ø x 2,4 m, respectivamente. En las estructuras de la línea bifásica se utilizó una puesta a tierra con un solo electrodo. El tipo de puesta a tierra a usar es el Tipo PAT-1, conformado por los siguientes elementos:

- Electrodo de cobre electrolítico
- Conductor de cobre recocido para la bajada a tierra
- Accesorios de conexión y fijación

En las subestaciones de distribución, se utilizaron un sistema de 3 puestas a tierra dispuestas en triángulo.

El terreno de la zona cuenta con una resistividad promedio de 42 Ω-m. Según el tomo V del CNE, la resistencia máxima es de 25 Ω. Por ello, al seleccionar un electrodo cilíndrico de $D = 5/8 \text{ "Ø"}$, instalado verticalmente, la resistencia de dispersión será:

$$R = 0.366 \left(\frac{R}{L} \right) \log \left[\left(\frac{2L}{D} \right) \sqrt{\frac{4H + 3L}{4H + L}} \right] \quad (20)$$

Dónde: $H = 0.5m$

Reemplazando:

$$42 = 0.366 \left(\frac{42}{L} \right) \log \left[\left(\frac{2L}{5/8} \right) \sqrt{\left(\frac{4 \times 0.5 + 3L}{4 \times 0.5 + L} \right)} \right].$$

$$L = 0.57m$$

La longitud de los electrodos es de 2.4m, y se ubicarán en terreno tipo cultivado cada 150m.

La resistencia teórica correspondiente se considera:

$$R = \left(\frac{\rho}{2\pi x L} \right) \left(\text{Ln} \left(\frac{4L}{r} \right) - 1 \right) \quad (21)$$

Donde:

- R = Resistencia de la puesta a tierra
- ρ = Resistividad específica del terreno: 42 Ω -m
- L = Longitud del electrodo: 2.40 m
- r = Radio del electrodo: 0.3125 m
- Ln = Logaritmo neperiano

Reemplazando valores en (21), se tiene:

$$R = \left(\frac{42}{2 \times 3.1416 \times 2.4} \right) \left(\text{Ln} \left(\frac{4 \times 2.4}{0.3125} \right) - 1 \right)$$

$$R = 6.75 \Omega$$

Siendo 6.75, menor a 25 Ω , se cumple por lo sugerido por el CNE.

2.3.1.8 Distancias mínimas de seguridad entre conductores

La separación mínima horizontal o vertical entre conductores de un mismo circuito en los apoyos, es 0,70 m. Esta distancia es válida tanto para la separación entre 2 conductores de fase como entre un conductor de fase y uno neutro. Mientras que la distancia mínima entre los conductores y sus accesorios bajo tensión y elementos puestos a tierra, es igual a 0,20 m. Esta distancia no es aplicable al conductor neutro.

A. Distancia horizontal mínima entre conductores de un mismo circuito a mitad de vano

$$D = 0.0076 (U)(F_c) + 0.65 \sqrt{f} \quad (22)$$

Siendo

$$F_c = 1 + 1,25 (H - 1000)(10^{-4})$$

Donde:

- U= Tensión nominal entre fases, KV
- F= Flecha del conductor a la temperatura máxima prevista, (m) en la condición final.
- F_c= Factor de corrección por altitud
- H= Altitud (m.s.n.m.)

B. Distancia vertical mínima entre conductores de un mismo circuito a mitad de vano

La distancia vertical mínima entre conductores de un mismo circuito, según la norma DGE, para vanos entre 350 y 600m, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6:

Distancia vertical mínima entre conductores de un mismo circuito a mitad de vano.

DISTANCIA VERTICAL MINIMA ENTRE CONDUCTORES	
Para vanos hasta 100 m	0,70 m
Para vanos entre 101 y 350 m	1,00 m
Para vanos entre 350 y 600 m	1,20 m
Para vanos mayores a 600 m	2,00 m

Fuente: (Norma DGE)

C. Distancia mínima del conductor a la superficie del terreno

A continuación, se muestra la distancia del conductor a la superficie del terreno, según la norma DGE. Las cuales se emplearán para el diseño del sistema eléctrico.

Tabla 7:

Distancia mínima del conductor a la superficie del terreno.

DISTANCIA MÍNIMA DEL CONDUCTOR A LA SUPERFICIE DEL TERRENO	
En lugares accesibles sólo a peatones	5,0 m
En laderas no accesibles a vehículos o personas	3,0 m
En lugares con circulación de maquinaria agrícola	6,0 m
A lo largo de calles y caminos en zonas urbanas	6,0 m
En cruce de calles, avenidas, carreteras principales y vías férreas:	7,0 m

Fuente: (Norma DGE)

D. Distancia mínima a edificaciones y otras construcciones

En la tabla siguiente, se muestra la distancia mínima a edificaciones y otras construcciones, según la norma DGE.

Tabla 8:
Distancia mínima a edificaciones y otras construcciones.

DISTANCIA MÍNIMA DEL CONDUCTOR A LA SUPERFICIE DEL TERRENO	
Distancia vertical entre el conductor y cualquier parte de techo o estructura similar, normalmente no accesible, pero sobre la cual pueda pararse una persona	4,0 m
Distancia vertical entre el conductor y cualquier techo o estructura similar sobre la que no se pueda parar una persona	3,5 m
Distancia radial entre el conductor y paredes y otras estructuras no accesibles	2,0 m
Distancia radial entre el conductor y parte de una edificación normalmente accesible a personas incluyendo abertura de ventanas, balcones y lugares similares	2,5 m
Distancia radial entre el conductor y antenas o distintos tipos de pararrayos	3,0 m

Fuente: (Norma DGE)

2.3.1.9 Esfuerzo en las crucetas

A. Cruceta

Donde:

- Largo (L): 0.75 m.
- Ancho (b): 0.125 m.
- Alto (h): 0.11 m.
- Peso (P): 6.24 N
- Esfuerzo: 4.91 kN/cm²
- Diámetro de perno (a): 0.016 m
- Distancia al eje Torsor (d): 0.6 m

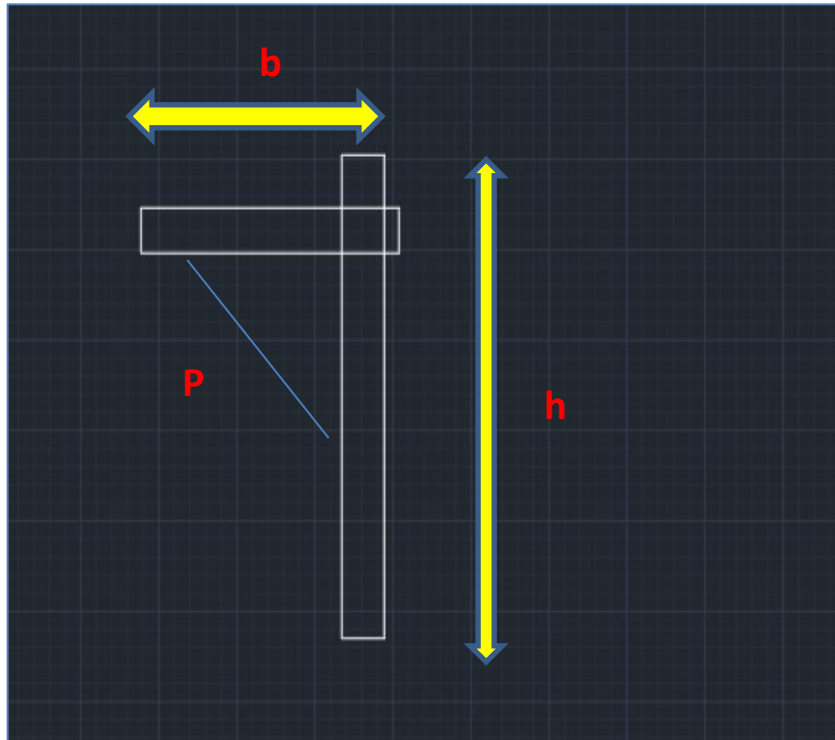


Figura 10: Medidas de la cruzeta.
Fuente: (Elaboración propia)

B. Cálculo del peso máximo.

a) Módulo de sección

$$W = \frac{h \times b^2}{6} \quad (23)$$

$$W = \frac{0.11 \times 0.125^2}{6}$$

$$W = 0,00286 \text{ m}^2$$

b) Momento (respecto del brazo de torsión)

$$M = P \times d \quad (24)$$

Esfuerzo:

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad (25)$$

Esfuerzo de Flexión de cruceta = 4.91 kN/cm^2 ,

Reemplazando (24):

$$M = 6.24 \times 0.6$$

$$M = 3.744 \text{ N/m}$$

Peso vertical máximo:

$$P = \frac{\sigma \times W}{d} \quad (26)$$

$$P = \frac{4.91 \times 2860000}{60}$$

$$P = 2340 \text{ N}$$

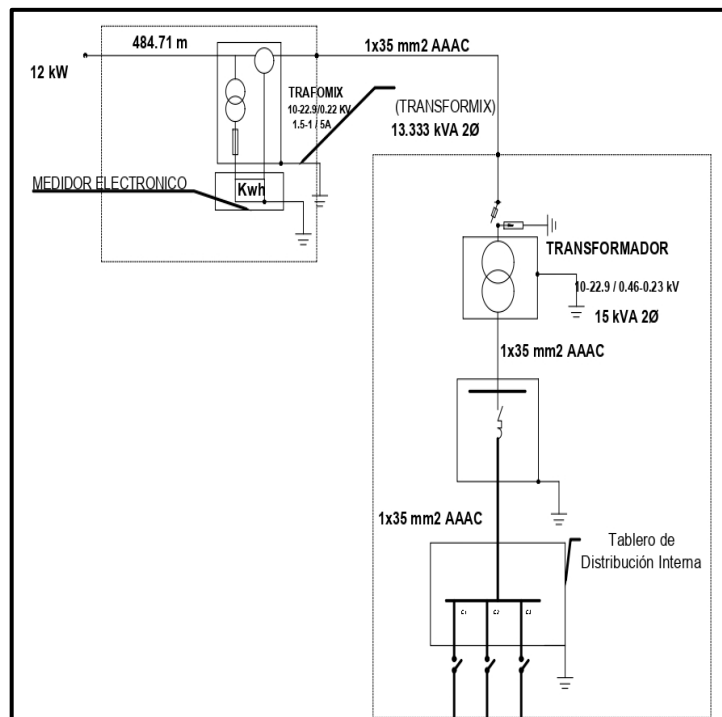


Figura 11: Diagrama unifilar.
Fuente: (Elaboración propia)

2.3.1.10 Cálculo de dimensionamiento de Trafomix

Calculando la corriente:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V} \quad (27)$$

Donde:

- Potencia (Kva): 13.33
- Nivel de tensión (kV): 22.9

$$I = \frac{13.33}{\sqrt{3} * 22.9}$$

$$I = 0.34 \text{ A}$$

2.4 Resultados

En este punto se corrobora los resultados obtenidos, con lo establecido según las normas de diseño eléctrico.

En relación a la capacidad de corriente del conductor, de Aleación de Aluminio tipo AAAC, de 35 mm², se demuestra que cubre suficientemente los requerimientos de la carga; para ello se realizó el siguiente cálculo:

$$Ia = \frac{In}{Feq} \quad (28)$$

Donde:

- Ia: Corriente aparente (A)
- In: Corriente nominal (A) (Según ecuación 5, 68.18 A)
- Feq: Factor de corrección equivalente

$$Feq = Fr * Fp * Ft \quad (29)$$

Donde:

- Fr: Factor de corrección para resistividad termina del terreno
(Según fabricante, 1)
- Ft: Factor de corrección de profundidad de instalación (Ft)
(Según fabricante, 1)
- Ft: Factor de corrección debido a la temperatura (Ft)
(Según ecuación 11, 1)

Remplazando en (11):

$$F_{eq} = 1$$

Para una tensión de 22.9 KV; reemplazando en (28):

$$I_a = \frac{68.18}{1}$$

$$I_a = 68.18 A$$

Si se tiene una capacidad de corriente de 166 A, para una sección nominal de 35mm², según datos del fabricante:

Tabla 9:
Capacidad de corriente del cable AAAC de 35mm².

Sección Nominal mm ²	Formación Hilos x Diám. Nº x mm	Diámetro Exterior mm	Carga de Rotura KN	Resistencia Máxima		Capacidad de Corriente(*) Amp	Peso Total Kg/Km
				20°C c.c	75°C c.a		
				Ohm/Km			
25	7 x 2,13	6,4	7,90	1,370	1,640	134	68
35	7 x 2,52	7,6	11,06	0,979	1,173	166	95
50	7 x 3,02	9,1	15,89	0,681	0,816	208	136
70	7 x 3,57	10,7	21,19	0,488	0,585	257	190
70	19 x 2,17	10,9	21,57	0,486	0,582	259	192
95	19 x 2,52	12,6	29,08	0,361	0,432	312	259
120	19 x 2,84	14,2	36,9	0,284	0,340	363	329
150	19 x 3,17	15,8	46,3	0,226	0,270	417	412
185	19 x 3,52	17,6	57,1	0,184	0,220	477	509
240	19 x 4,01	20,0	71,8	0,142	0,170	563	660

Fuente: (CEPER CABLES)

Entonces este cálculo cumple con el siguiente criterio:

$$I_a = 166 A \ggg 68.18 A \rightarrow \text{Cumple}$$

Cumpliendo con los criterios de diseño, se puede señalar que estos resultados, respaldan a lo citado por Álvarez, J. (2019); en la cual señala que, con los cálculos ejecutados, se logra la confiabilidad del 100% del sistema eléctrico, debido a que estos cumplen con las Normas de diseño eléctrico.

En relación a la caída de tensión, que se visualiza en la ecuación 7; se observa que el resultado, satisface los requisitos de no sobrepasar la tensión nominal en un 5%.

$$\Delta V\% = 3\% + 0.00118 \times 13.5 \times 0.4847 = 3.0083 \%$$

$$\Delta V\% = 3.686 \% < 5.0\% \rightarrow \text{Cumple}$$

Con el resultado obtenido, se puede señalar, que respalda a los citados por Romaní, B. & Saldaña, A. (2019), el cual señala que, los resultados al cumplir con las exigencias de las normas y estándares eléctricos, garantizan el óptimo desempeño eléctrico.

En relación al cálculo de potencia del transformador, cuyo resultado se muestra en la ecuación 10; se observa que este cumple con los criterios de aceptación, debido a que el valor obtenido es menor a la potencia total del sistema (KW).

$$P_{(KVA)} \geq 13.333 KVA$$

$$15 KVA \geq 13.333 KVA \rightarrow \text{Cumple}$$

Con el resultado obtenido, se puede señalar, que respalda a los citados por Domínguez, E. & Molina, M. (2016); el cual señala que, diseñar y determinar las características de diseño correctamente, reduce el

sobredimensionamiento de los transformadores aproximadamente en un 10%.

En relación al cálculo de resistencia de puesta a tierra, según los resultados obtenidos, se puede indicar que, este cumple con el tomo V del CNE.

$$R = 6.75 \Omega \lll 25 \Omega \rightarrow \text{Cumple}$$

Tal como se observa, lo obtenido cumple con lo sugerido por el CNE para sistemas puestas a tierra MT, debido a que este valor de la resistencia es menor a 25Ω .

Con el resultado obtenido, se puede señalar, que respalda a los citado por Domínguez, E. & Molina, M. (2016), el cual señala que, al emplear correctamente las normas referidas en las instalaciones eléctricas se consigue constituir una estructura apropiada para el sistema eléctrico, por lo que el diseño garantiza, la calidad y continuidad del suministro de energía eléctrica.

En relación con el cálculo del sistema de medición, se determinó que el trafomix a emplear en el proyecto de investigación, será de 22.9/0.22Kv, 60Hz, con capacidad del 0.2 y estará a 4836 m.s.n.m 1/5A, el conexionado será de tipo YynO y el bobinado con una intensidad de 1*15 VA; con una precisión de 0.2 S. El enfriamiento de aceite es ENVIROTEMP FR-3, y contará con aisladores de porcelana en media tensión, con polaridad K-L, conexionado en baja tensión con bornera tipo RITZ, grado de protección a la humedad IP55 y resistencia de seguridad antiferrorresonante.

En relación con el medidor electrónico a ser usado, será un Elster modelo Alpha A1800, clase 0.2, protección UV, policarbonato, IP54, voltaje: 120-480 V, rango de corriente: 1 (10) A, 5 (10), temperatura: -40°C a +85°C (ambiente).

CONCLUSIONES

- Se concluye que se logró determinar la máxima demanda del sistema de utilización de media tensión 22.9 KV, para la Estación Base Celular, en la Compañía Minera Alpamarca, la cual es de 13.5 KW.
- Se concluye que se logró determinar la potencia del transformador a emplear en el sistema de utilización MT 22.9 KV, para la Estación Base Celular, en la Compañía Minera Alpamarca, el cual es de 15 KVA.
- Se concluye que se realizó el dimensionamiento del conductor a emplear en el sistema de utilización MT 22.9 KV, para la Estación Base Celular, en la Compañía Minera Alpamarca, el cual es de Aleación de Aluminio tipo AAAC de sección 35 mm².
- Finalmente se concluye que se diseñó correctamente el sistema de utilización MT de 22.9 KV, para la Estación Base Celular, en la Compañía Minera Alpamarca, Junin-2020.

RECOMENDACIONES

- En relación a la máxima demanda del sistema de eléctrico de media tensión, se recomienda, constatar las cargas eléctricas proporcionadas, con la finalidad de realizar un correcto cálculo de diseño.
- En relación al transformador de potencia, se recomienda, establecer planes de mantenimiento y seguridad a los equipos instalados en el sistema MT, con la finalidad de conservar su vida útil y protegerlos de algún recalentamiento, perjudicial para la empresa y la población.
- En relación al conductor eléctrico, se recomienda, emplear material certificado, con la finalidad de brindar seguridad y confiabilidad al sistema eléctrico de media tensión de la compañía minera Alpamarca.
- Finalmente se recomienda proceder a la implementación y puesta en marcha del diseño desarrollado, ya que se verificó que cumple con los indicadores, pre establecido en la normativa relacionada al diseño de sistemas MT.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, J. (2019). Diseño de la red MT y de una subestación compacta para la empresa SATT. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo del Perú, Trujillo.
- Bravo, V. (2018). Diseño del sistema de utilización MT y subestación tipo caseta de 1000 kVA. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Santa María, Arequipa.
- Camargo, M. (2013). Diseño del sistema eléctrico de potencia para la ampliación de planta beneficio de la compañía minera Shougang Hierro Perú S.A.A. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.
- Domínguez, E., & Molina, M. (2016). Diseño de las redes del sistema de distribución de la empresa eléctrica regional Centro Sur C.A. (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Figueroa, E. (2015). Diseño de un sistema de utilización primaria en 22.9 KV para energizar el caserío La Banda. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa del Perú, Chimbote.
- Gelvez, J. (2008). Diseño del sistema eléctrico para la Universidad Nacional Experimental de las Fuerzas Armadas. (Tesis de pregrado). Universidad de Carabobo de Venezuela, Barbula.
- MINEM. (2016). Ministerio de Energía y Minas. Obtenido de <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Electricidad/normatividad/ManualCNEUtilizacion.pdf>
- Quintero, M. (2016). Diseño de circuito de media tensión para alimentar el corregimiento de San José de Oriente (CESAR). (Tesis de pregrado). Universidad de la Costa, Barranquilla.

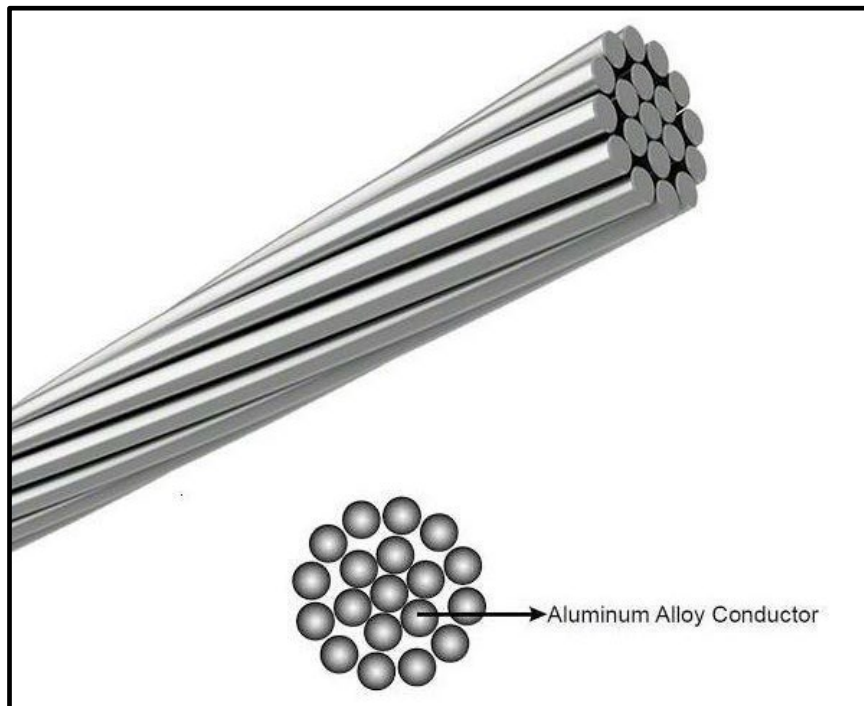
Román, L. (2016). Proyecto y diseño de instalaciones en media y baja tensión para un edificio. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil.

Román, L. (2016). Diseño de instalaciones en MT y BT para un edificio". (Tesis de pregrado). UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL, Guayaquil.

Romaní, B., & Saldaña, A. (2019). Diseño de un sistema de utilización en media tensión 10 – 22.9 KV - 3 Φ , para mejorar la calidad de la energía eléctrica. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo.

ANEXOS

Anexo 01: Datos Técnicos del Conductor



AAAC **mm²** CB/AAAC 35 mm²

Conductores de aleación de aluminio 6201.

DESCRIPCIÓN

Aplicación:

Para soporte de cables autoportantes y líneas de distribución desnudas de baja y media tensión.

Construcción:

Conductor: Aleación de aluminio 6201, clase 2.

Principales características:

Resistencia a la tracción y menor peso.

Sección:

Desde 16 mm² hasta 1000 mm².

Embalaje:

En carretes de madera no retornables.

CARACTERÍSTICAS

Características de construcción

Material del conductor Aleación Al 6201

Características dimensionales

Sección del conductor 35 mm²

Número de alambres de Aluminio 7

Diámetro Alambre de Aluminio 2.52 mm

Diámetro del conductor 7,62 mm

Peso aproximado 96 kg/km

Características eléctricas

Resistencia máxima del conductor en CC a 20° C 0.966 Ohm/km

Amperaje en aire 40°C 160 A

Características mecánicas

Carga de rotura mínima 10,81 kN

CONDICIONES DE CÁLCULO DE CORRIENTE AAAC

CONDICIONES DE CALCULO DE CORRIENTE

Temperatura máxima del conductor: 80°C.

Temperatura ambiente: 40°C.

Velocidad del viento: 2 km/h.

Anexo 02: Datos Técnicos Transformador de Potencia



Código			Potencia [kVA]	Clase [kV]	Perdidas		Z%	Dimensiones			Aceite [Lts.]	Peso [kg]
CH [12 kV]	CGE [13,2 kV]	NAC [13,2 kV]			Pfe[W]	Pcu Nominal [W]		Alto [mm]	Ancho [mm]	Largo/Diámetro [mm]		
-	3801054	3801050	5	15	40	150	4	910	-	510	30	82
3801014	-	3801055	10	15	65	220	4	960	-	510	34	115
3801070	3801059	3801060	15	15	90	270	4	1030	-	550	42	133
-	-	3801077	25	15	120	425	4	1090	-	560	44	168
Código 23 [kV]			Clase [kV]	Potencia [kVA]	Perdidas		Z%	Dimensiones			Aceite [Lts.]	Peso [kg]
					Pfe[W]	Pcu Nominal [W]		Alto [mm]	Ancho [mm]	Largo/Diámetro [mm]		
3803000			5	25	45	150	4	960	-	510	32	84
3803002			15	25	105	270	4	1110	-	550	50	145