

**REDISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA CORRESPONDIENTE A LA MINA DE ORO “ LA
MARUJA” UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MARMATO (CALDAS).**

JUAN FERNANDO VERGARA MONTES.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECANICAS.
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.
BUCARAMANGA**

2.004

**REDISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA CORRESPONDIENTE A LA MINA DE ORO “ LA
MARUJA” UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MARMATO (CALDAS).**

JUAN FERNANDO VERGARA MONTES.

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Electricista.**

**Director
CIRO JURADO JEREZ.
Ing.Eléctricista.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECANICAS.
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.
BUCARAMANGA
2.004**

DEDICATORIA

A Dios por su protección y compañía incondicional.

A mis padres, Lorena, Maria Fernanda y hermanos por ser la fuerza que me impulsan a seguir adelante.

A mis abuelos.

Juan Fernando Vergara Montes

AGRADECIMIENTOS

A las directivas de Mineros Nacionales S.A, por su colaboración al permitir la oportunidad de .realizar este proyecto

A todos nuestros compañeros y amigos porque siempre fueron una voz de aliento en cada momento.

A Don Jorge Ortiz, por sus valiosos consejos y colaboración.

A todo aquel que colaboró en la realización de este proyecto.

Juan Fernando. Vergara Montes

CONTENIDO.

	Pág.
Objetivo General.	
Objetivo Especifico.	
1 INTRODUCCIÓN.	1
2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	3
3 PARÁMETROS DE DISEÑO.	4
3.1 NIVEL DE TENSIÓN.	4.
3.2 ACOMETIDAS GENERALES DE BAJA TENSIÓN.	4.
3.3 ACOMETIDAS PARCIALES DE BAJA TENSIÓN	4.
3.4 CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA.	4.
4 LOCALIZACIÓN DE LOS BARRAJES.	7.
4.1 UBICACIÓN BARRAJES TRANSFORMADOR 1.	7.
4.1.1 Transformador 1- Barraje Nº 1 - La Clavada.	7.
4.1.2 Transformador 1. Barraje Numero 2- Barraje Clavada parte inferior.	9.
4.1.3 Transformador 1- Barraje numero 3- Parte este Ovejo- Nivel 18.	10

4.1.4	Transformador 1- Barraje numero 4- Parte oeste Ovejo- Nivel 18.	12
4.1.5	Barraje General de Baja Tensión Transformador 1 (BGBT).	13
4.2	UBICACION BARRAJES TRANSFORMADOR 2.	14
4.2.1	Transformador 2 – Barraje 1- Nivel 17 Parte Norte.	14
4.2.2	Transformador 2- Barraje 2 – Nivel 17 Parte Noreste.	16
4.2.3	Transformador 2- Barraje 3- Nivel 17- Parte Noroeste	18
4.2.4	Transformador 2. Barraje 4- Nivel 17- parte Sur.	20
4.2.5	Transformador 2 Barraje 5 – Nivel 16-Parte Sur.	21
4.2.6	Barraje General de Baja Tensión – Transformador 2	22
4.3	UBICACION BARRAJES TRANSFORMADOR 3.	22
4.3.1	Transformador 3 – Barraje 1 – Nivel 16 Noreste.	23
4.3.2	Transformador 3 – Barraje 2 – Nivel 16 Norte.	23
4.3.3	Barraje General de Baja Tensión – Transformador 3.	24
4.3.4	Distancias de barrajes a transformador 3.	25
5.	CÁLCULO DE REGULACIÓN DE CIRCUITOS RAMALES.	26
5.1	CÁLCULO TIPO CIRCUITO RAMAL.	26
6.	CÁLCULO DE REGULACIÓN PARA ALIMENTADORES DE BARRAJES.	31
7	CÁLCULO DE REGULACIÓN PARA EQUIPOS	36

8.	CÁLCULO DE PROTECCIONES.	38
8.1	PROTECCIÓN DE CIRCUITOS RAMALES DE MOTORES CONTRA CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA.	38
8.2	PROTECCION DEL MOTOR CONTRA SOBRECARGAS	39
8.3.1	PROTECCION DEL ALIMENTADOR CONTRA CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA.	45
8.4	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE CIRCUITOS RAMALES.	47
8.5	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA Y VERIFICADOR DE TIERRA PARA ALIMENTADORES.	49
9	DIMENSIONAMIENTO DE LOS BARRAJES.	51
9.1	BARRAJES TRANSFORMADOR 1	51
9.1.1	Barraje 1- T1.	51.
9.1.2	Barraje 2- T1.	51..
9.1.3	Barraje 3- T1-	51
9.1.4	Barraje 4-T1.	51
9.1.5	Barraje General de Baja Tensión T1..	51
9.2	BARRAJES TRANSFORMADOR 2	53
9.2.1	Barraje 1 – T2.	53
9.2.2	Barraje 2-T2.	54
9.2.3	Barraje 3-T2.	54

9.2.4.	Barraje 4-T2.	55
9.2.5	Barraje 5-T2.	55
9.2.6	Barraje General de Baja tensión transformador 2.	55
9.3	BARRAJES TRANSFORMADOR 3.	56
9.3.1	Barraje 1-T3.	56
9.3.2	Barraje 2-T3.	56
9.3.3	Barraje General baja tensión..	57
10.	CALCULO DE LA POTENCIA DE LOS TRANSFORMADORES.	58
10.1	TRANSFORMADOR 1.	58
10.2	TRANSFORMADOR 2.	58
10.3	TRANSFORMADOR 3	59
11	SELECCIÓN DE TRANSFORMADORES.	61
11.1.	TRANSFORMADOR 1.	61
11.1.1	Cálculo de la relación de transformación.	61
11.2	TRANSFORMADOR 2.	62
11.3	TRANSFORMADOR 3.	63
11.3.1	Cálculo de la relación de transformación.	63
12.	CALCULO DE PROTECCIONES PARA TRANSFORMADOR NUMERO 1	65.

12.1. PARARRAYOS	65
12.2 PROTECCION PRIMARIA.	65
12.3 PROTECCION SECUNDARIA	65
12.3.1 Capacidad de cortocircuito.	65
13. CÁLCULO DE PROTECCIONES PARA TRANSFORMADOR 2.	67
13.1. PARARRAYOS	67
13.2 PROTECCION PRIMARIA.	67
13.3 PROTECCION SECUNDARIA	67
13.3.1 Capacidad de cortocircuito.	68
14. CÁLCULO DE PROTECCIONES PARA TRANSFORMADOR 3.	69
14.1. PARARRAYOS	69
14.2 PROTECCION PRIMARIA.	69
14.3 PROTECCION SECUNDARIA	69
14.3.1 Capacidad de cortocircuito.	70
15 CONDUCTOR Y PROTECCIÓN PARA BANCOS DE CONDENSADORES.	71
15.1 BANCO DE CONDENSADORES TRANSFORMADOR 1.	71
15.2 BANCO DE CONDENSADORES TRANSFORMADOR 2.	71
15.3 BANCO DE CONDENSADORES TRANSFORMADOR 3.	72

16	ACOMETIDA DE MEDIA TENSIÓN.	73
16.1.	TRANSFORMADOR 1.	73
16.2.	TRANSFORMADOR 2.	73
16.1.	TRANSFORMADOR 3.	74
17	UBICACIÓN REDES ELECTRICAS MINA.	75
17.1	UBICACIÓN REDES DE BAJA TENSIÓN NIVEL 16.	75
17.2	UBICACIÓN REDES DE BAJA TENSIÓN NIVEL 17.	76
17.3	UBICACIÓN REDES DE BAJA TENSIÓN NIVEL 18.	77
17.4	UBICACIÓN REDES DE BAJA TENSIÓN NIVEL 19.	78
17.5	UBICACIÓN REDES DE MEDIA TENSIÓN NIVEL 17.	79
17.6	UBICACIÓN REDES DE MEDIA TENSIÓN NIVEL 18.	80
18	DIAGRAMAS UNIFILARES.	81
18.1	DIAGRAMA UNIFILAR TRANSFORMADOR NUMERO 1	81
18.2	DIAGRAMA UNIFILAR TRANSFORMADOR NUMERO 2	82
18.3	DIAGRAMA UNIFILAR TRANSFORMADOR NUMERO 3	82
19	COSTOS GENERALES DEL PROYECTO.	83
20.	OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES.	88
21.	BIBLIOGRAFÍA.	89

LISTA DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 1 Características Eléctricas de Equipos Mina.	4.
Tabla 2 Distancias de Equipos a Barraje 1- T1.	9
Tabla 3 Distancias de Equipos a Barraje 2-T1.	10
Tabla 4 Distancias de Equipos a Barraje 3-T1.	11
Tabla 5 Distancias de Equipos a Barraje 4 – T1	13
Tabla 6 Distancias de Equipos a B.G.B.T –T1	14
Tabla 7 Distancias de Equipos a Barraje 1-T2	16
Tabla 8 Distancias de Equipos a Barraje 2-T2	18
Tabla 9 Distancias de Equipos a Barraje 3-T2	20
Tabla 10 Distancias de Equipos a Barraje 4-T2	21
Tabla 11 Distancias de Equipos a Barraje 5-T2	22
Tabla 12. Distancias de Equipos a B.G.B.T –T2	22
Tabla 13 Distancias de Equipos a Barraje 1-T3	23
Tabla 14 Distancias de Equipos a Barraje 2-T3	24
Tabla 15. Distancias de Equipos a B.G.B.T –T3	25
Tabla 16. Regulación Circuitos Ramales Transformador 1.	29
Tabla 17. Regulación Circuitos Ramales Transformador 2.	30
Tabla 18. Regulación Circuitos Ramales Transformador 3.	31
Tabla 19 Calculo de Regulación para alimentadores Transformador 1 , Transformador 2 y Transformador 3.	35
Tabla 20 Regulación total equipos .	36
Tabla 21. Calculo de Protecciones para equipos Transformador 1 Transformador 2 y transformador 3.	41
Tabla 22. Características de Guardamotores para equipos Transformador 1 y Transformador 2 y transformador 3.	43
Tabla 23. Cálculo de dispositivos de protección para alimentadores transformador 1, transformador 2 y transformador 3.	46
Tabla 24. Conductor de Tierra y verificador de Tierra para equipos Trans- formador 1.	48

Tabla 25 Conductor de Tierra y verificador de Tierra para equipos Transformador 2.	48
Tabla 26 Conductor de Tierra y verificador de Tierra para equipos Transformador 3.	49
Tabla 27 Conductor y verificador de tierra para alimentadores.	50
Tabla 28 Carga Barraje 1-T1.	51
Tabla 29 Carga Barraje 2-T1.	51
Tabla 30 Carga Barraje 3-T1.	52
Tabla 31 Carga Barraje 4-T1.	52
Tabla 32 Carga Barraje general baja tensión T1	53
Tabla 33 Carga Barraje 1-T2	53
Tabla 34 Carga Barraje 2-T2	54
Tabla 35 Carga Barraje 3-T2	54
Tabla 36 Carga Barraje 4T2	55
Tabla 37 Carga Barraje 5-T2	55
Tabla 38 Carga Barraje general baja tensión T2	56
Tabla 39 Carga Barraje 1-T3	56
Tabla 40 Carga Barraje 2-T3	57
Tabla 41 Carga Barraje general baja tensión T3	57
Tabla 42 Potencia Transformador 1.	58
Tabla 43 Potencia Transformador 2.	59
Tabla 44 Potencia Transformador 3.	59
Tabla 45. Costos Cable Tipo SHD-GC.	84
Tabla 46. Costos Cables Tipo THW.	84
Tabla 47. Costos Cables Tipo XLPE.	84
Tabla 48. Costos Cables Tipo ACSR.	84
Tabla 49. Costos Dispositivos Termomagneticos.	85
Tabla 50 Costos Guardamotores.	85
Tabla 51 Costos Barrajes.	86
Tabla 52 Valor Transformadores.	86
Tabla 53 Valor instalación y mano de obra	86
Tabla 54 Valor elementos de instalación	87
Tabla 55 Valor transporte de elementos	87
Tabla 56 Valor total del proyecto	87

LISTA DE FIGURAS.

	Pág.	
Figura 1.	Vista de perfil de una sección de la mina la Maruja.	1
Figura 2.	Distribución equipos sector La clavada-parte inferior.	8
Figura 3.	Distribución equipos sector La clavada-parte inferior.	10
Figura 4.	Distribución equipos sector Oveja – Nivel 18..	11
Figura 5.	Distribución equipos sector Oveja oeste – Nivel 18..	12
Figura 6.	Distribución equipos sector Norte – Nivel 17..	14
Figura 7.	Distribución equipos sector Noreste – Nivel 17..	16
Figura 8	Distribución equipos sector Noroeste – Nivel 17..	18
Figura 9.	Distribución equipos sector Sur– Nivel 17..	20.
Figura 10.	Distribución equipos sector Norte Nivel 16.	23.
Figura 11.	Cable tipo SHD GC.	28
Figura 12.	Ubicación de redes eléctricas en el nivel 16	75
Figura 13.	Ubicación de redes eléctricas en el nivel 17	76
Figura14.	Ubicación de redes eléctricas en el nivel 18	77
Figura15.	Ubicación de redes eléctricas en el nivel 19	78
Figura 16	Ubicación de redes eléctricas media tensión en el nivel 17	79
Figura1 7	Ubicación de redes eléctricas media tensión en el nivel 19	80
Figura1 8.	Diagrama unifilar del diseño de la red eléctrica transformador 1 .	81
Figura1 9.	Diagrama unifilar del diseño de la red eléctrica transformador 2.82	
Figura 20.	Diagrama unifilar del diseño de la red eléctrica transformador 3.82	

LISTA DE ANEXOS.

	Pág.
Anexo A. Programación Diciembre de 2002.	90

OBJETIVO GENERAL.

Realizar un diseño del sistema eléctrico de la mina que cumpla con los estándares de regulación y normas internacionales de seguridad para minas.

OBJETIVO ESPECIFICOS.

Calcular los calibres necesarios para una óptima regulación de cada uno de los equipos.

Calcular las protecciones de cada uno de los equipos.

Dimensionar los barrajes, bancos de condensadores y transformadores necesarios para el diseño.

**TITULO, REDISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA CORRESPONDIENTE A LA MINA DE ORO
“LA MARUJA” UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MARMATO (CALDAS).***

Autor: Juan Fernando Vergara Montes. **

Palabras claves: Nivel: Guía horizontal de la mina, en la mina se encuentran 4 niveles separados verticalmente 50 metros entre si.

Barraje: Elemento compuesto con barras de cobre en la cual se conectan los alimentadores y circuitos ramales.

Circuito Ramal: Conductor que es el encargado de llevar la energía eléctrica a los motores.

El proyecto consiste en modificar el sistema eléctrico existente en la actualidad, por uno que cumpla los requisitos requeridos en la Norma Técnica Colombiana 2050 (NTC 2050).

Luego de realizar un estudio a la red actual se concluyó lo siguiente:

Los equipos en su mayoría presentan regulación por encima de los estándares (5%)

El transformador principal se encuentra sobrecargado, los equipos no cuentan con las protecciones adecuadas, el sistema no presenta barrajes de distribución, las perdidas económicas son considerables.

La metodología utilizada para el nuevo diseño es: Ubicar los barrajes de distribución en aquellas zonas donde se presente la mayor concentración de equipos, calcular los calibres necesarios para circuitos ramales y alimentadores para una optima regulación, calcular las protecciones, conductores de tierra y verificador de tierra para motores y alimentadores, dimensionar los barrajes, seleccionar los transformadores y calcular sus protecciones y cálculo de la red de media tensión.

El sistema eléctrico diseñado cumple con los requisitos técnicos y de seguridad requeridos por la NTC 2050, obteniendo mayor confiabilidad y una mejor distribución de las cargas.

TITLE:REDESIGN OF THE ELECTRICAL NET CORRESPONDING TO THE GOLD MINE
“LA MARUJA” LOCATED IN THE MUNUCIPIO OF MARMATO (CALDAS).

Author:Juan Fernando Vergara Montes. **

Key words: Level: Horizontal guide of the mine, in the mine are four separated levels 50 meters between if vertically.

Barrage: Element composed with copper bars in which the feeders are connected and circuits branches.

Circuit branch: Conductor who is the one in charge to take the electrical energy to the motors.

The project consists of modifying the existing electrical system at the present time, by which it fulfills the requirements required in the Norma Técnica Colombiana 2050 (NTC 2050). After making a study to the present network, the following thing was concluded:

The equipment in their majority presents displays regulation over the standards (5%). The main transformer is overloaded, the equipment do not count on the suitable protections, the system does not present display barrages of distribution, the economic losses are considerable.

The methodology used for the new design is: to locate the barrages of distribution in those zones where the greater concentration of equipment appears, to calculate the necessary caliber for the circuits nourishing branches and for an optimal regulation, to calculate the protections, grounding wires and earth checker for nourishing motors and, to determine the proportions of the barrages, to select the transforming and to calculate its protections and calculation of the network of average tension.

The designed electrical system fulfills the technical requirements and security required by NTC 2050, obtaining greater trustworthiness and one better trimming.

1. INTRODUCCIÓN

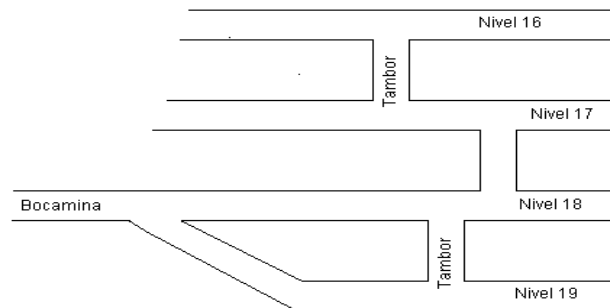
La mina “ La Maruja “, está ubicada en la zona minera de Marmato (municipio de Caldas), se encuentra tecnificada, cuenta con energía eléctrica, túneles de gran capacidad , un sistema de transporte por rieles mediante locomotoras y tiene una longitud aproximada de 8 kilómetros repartidos en 4 niveles (16, 17 ,18 y 19).

Entre cada nivel hay una distancia vertical de 50 metros , es decir el nivel de la cota mas alta llamado 16 (también llamado Verónica) está ubicado 50 metros por encima de la cota del nivel 17 (Zancudero) y este a su vez 50 metros por encima de la cota del Nivel 18 (Maruja).

La comunicación entre niveles se lleva a cabo mediante túneles verticales llamados tambores, a través de dichos tambores se encuentran ubicadas unas escaleras de maderas por medio de las cuales se realiza el desplazamiento en el tambor.

La comunicación entre los niveles 18 y 19 también se puede realizar por medio de un inclinado como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Vista de perfil de una sección de la mina la Maruja.



La explotación de la mina, se lleva a cabo a través de unos sitios llamados paneles, dichos paneles se ubican en la mina a lo largo de las vetas, que son aquellas estructuras mineralizadas que contienen valores de oro que hacen posible que su extracción sea económicamente viable.

En estos paneles se ubican malacates accionados eléctricamente con motores de 20, 25 y 30 HP; estos malacates se distribuyen en los distintos niveles y en diferentes sectores de cada una de las vetas . La labor realizada por los malacates consiste en mediante unos rastrillos arrastrar pedazos de rocas extraídos de las vetas hacia unas tolvas, dichas tolvas almacenan el mineral hasta que este sea evacuado para la superficie mediante las locomotoras. No todos los malacates trabajan al mismo tiempo ya que mientras en un panel hay suficiente carga para rastrillar, otro panel puede estar en preparación , es decir realizando labores para ir subiendo el malacate, de un nivel al otro ejemplo del nivel 17 al 16.

A parte de los malacates existen otras cargas en la mina, compuesta por :

Las bombas de agua, estas bombas trabajan continuamente y son las encargadas de extraer toda el agua de la mina que se represa en el nivel más bajo el nivel 19, también llamado la clavada. .

Los ventiladores , de trabajo continuo, utilizados para que se mantenga un aire apto para el trabajo de la gente que labora dentro de la mina.

Los cargadores, que son rectificadores utilizados para cargar las baterías utilizadas en las locomotoras. Estos equipos trabajan continuamente.

Las bombas de relleno hidráulico, con las cuales se “rellenan” los paneles con arena para poder desplazar los equipos hacia la cota superior de cada una de las vetas. Estos equipos no operan de manera continua.

Un taladro utilizado para encontrar nuevas vetas, llamado Diamantina cuya operación es continua.

La red eléctrica actual está compuesta de un transformador de 300 KVA con relación 13.2/0.44 KV, este transformador alimenta todos los niveles de la mina.

Dicha red presenta las siguientes fallas:

- En general, la regulación de la mina es muy mala, ya que casi en ningún caso cumple con el 5 % máximo requerido.
- El sistema es deficiente, ya que la alimentación de los niveles 18, 17 y 16 es realizada a través de un solo circuito, por consiguiente este circuito queda cargado con la correspondiente caída de tensión lo que incide directamente en la regulación.
- Nominalmente el transformador de 300 Kva. está sobrecargado en un 88 %, en el día que la mayor cantidad de motores se encuentran en funcionamiento.
- En el sistema eléctrico de la mina, no se encuentran barrajes de distribución lo que afecta notablemente tanto la seguridad de las personas (empalmes en mal estado), como la vida útil de los cables pues produce un recalentamiento exagerado.
- Las protecciones magnéticas no cumplen con los parámetros de diseño de la NTC 2050.
- La red eléctrica se encuentra mal diseñada ya que hay continuos cambios de calibre, y muchas veces se pasa de un calibre menor a un calibre mayor, ejemplo pasar de un calibre 10 AWG a un calibre 6 AWG.
- Las pérdidas desde el punto de vista económico resultan demasiado grandes.

Con estas conclusiones, se decide rediseñar toda la red eléctrica, diseño que se presenta a continuación.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto consiste en realizar un diseño de la red eléctrica de la mina "La Maruja", utilizando 3 transformadores ubicados en la bocamina del nivel 18, en la bocamina del nivel 16 y en la parte central del nivel 17.

El transformador ubicado en la bocamina del nivel 18 alimentará los equipos ubicados en el nivel 18.

El transformador ubicado en la bocamina del nivel 16 alimentará los equipos ubicados en el nivel 16.

El transformador ubicado en la parte central del nivel 17 alimentará a los motores ubicados en el nivel 17 y a los motores de la parte sur del nivel 16 (malacate de Peñadura y cargador de baterías número 3).

Para este diseño, se cambiaron la ubicación de los tambores de acceso de la energía eléctrica tanto del nivel 18 para el nivel 17; como del nivel 16 para el nivel 17.

El número de equipos es 36, con respecto a el mes de Abril de 2002 salieron de servicio 6 equipos localizados en los paneles de Cizalla, 0 Ovejo nivel 17, 1 mancha, 705, Tecla invasores nivel 17 y veta Criminal nivel 16. Para reemplazarlos estos mismos equipos se reubicaron en los paneles de 0 W nivel 18, veta norte, invasores # 2, Nor W exploración, sobreguia Invasores nivel 18 y panel 5w nivel 16 respectivamente.

El cargador de baterías # 2, paso del nivel 17 al nivel 16.

La línea de media tensión para los tres transformadores será de 13.2 kv.

3. PARAMETROS DE DISEÑO.

3.1 NIVEL DE TENSIÓN:

La red se diseñara con un nivel de tensión de 440 Voltios para baja tensión y de 13.2 kv. para media tensión.

3.2 ACOMETIDAS GENERALES DE BAJA TENSIÓN:

A partir del transformador hasta cada barraje de distribución la regulación será de el 2 %.

3.3 ACOMETIDAS PARCIALES DE BAJA TENSIÓN:

A partir de cada barraje de distribución hasta cada uno de los equipos la regulación será del 3 %.

3.4 CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:

La siguiente tabla muestra las características eléctricas de los equipos ubicados dentro de la mina, así como el porcentaje de la corriente nominal por placa de característica según su clasificación de servicio y la letra de código que indica los kVA por caballo(HP) con el rotor bloqueado.

Dicha clasificación de servicio se encuentra en la *Tabla 430-22(a) de la NTC 2050.*

Tabla 1. Características eléctricas equipos mina.

Equipo	Ubicación.	Potencia	I _{nom}	I _{nom.} %	Letra Código
Skip.	Nivel 19	60 HP	80.5	125	F
Bomba Barnes.	Nivel 19	12 HP	17.55	140	G
Bomba clavada 1	Nivel 19	18 HP	26.34	140	F
Bomba clavada 2	Nivel 19	12 HP	17.55	140	G

Tabla 1.Continuación

Equipo	Ubicación.	Potencia	I_{nom}	I_{nom}%. 	Letra Código
Bomba Halberg	Nivel 19	30 HP	41.81	140	F
Bomba JC	Nivel 19	50 HP	67.95	140	G
Panel 2 Este	Nivel 18	30 HP	41.81	140	H
Panel 1 W	Nivel 18	25 HP	35.54	140	F
Panel 0 Ovejo	Nivel 18	25 HP	35.54	140	F
Sobreguia Invasores	Nivel 18	20 HP	28.22	140	F
Panel 0 W	Nivel 18	25 HP	35.54	140	F
Polvorin	Nivel 18	3 HP	5.01	125	J
Bloque 2 sur	Nivel 17	20 HP	28.22	140	F
Panel 00 ramal sur	Nivel 17	20 HP	28.22	140	F
Panel colgados.	Nivel 17	30 HP	41.81	140	H
Bomba 3	Nivel 17	50 HP	67.95	140	G
Panel Veta 4	Nivel 17	30 HP	41.81	140	H
Panel Veta norte	Nivel 17	25 HP	35.54	140	F
Panel Invasores 2	Nivel 17	25 HP	35.54	140	F
Diamantina	Nivel 17	23 HP	33.65	1.25	G
Panel 6 este	Nivel 17	20 HP	28.22	140	F
Bomba # 4	Nivel 17	50 HP	67.95	140	F
Cargador #1	Nivel 17	7.5 HP	10	125	No aplica
Panel Nor W	Nivel 17	25 HP	35.54	140	F
Panel Nor W explo.	Nivel 17	20 HP	28.22	140	G
Ventilador # 1	Nivel 17	30HP	41.81	125	J
Cargador # 2	Nivel 16	7.5 HP	10	125	No aplica
Malacate Peñadura	Nivel 16	10 HP	14.63	140	G
Panel 5 Ovejo	Nivel 16	25 HP	35.54	140	F
Panel 5 W	Nivel 16	20 HP	28.22	140	F
Panel 0 Ovejo	Nivel 16	20 HP	28.22	140	F
Panel 7 Ovejo	Nivel 16	25 HP	35.54	140	F
Panel Dolores	Nivel 16	20 HP	28.22	140	F
Panel Cubana	Nivel 16	30 HP	41.81	140	H
Cargador # 3	Nivel 16	7.5 HP	10	125	No aplica
Ventilador # 2	Nivel 16	30HP	41.81	125	J

La suma total de la potencia instalada en la mina es de 880.5 HP, los cuales por potencia y ubicación dentro de la mina se repartieron de la siguiente manera.

Para el transformador del nivel 18 o "La Maruja", el cual se llamará transformador número 1, le corresponderán los siguientes equipos ubicados en los niveles 18 y 19.

Skip, Bomba Barnes, Bomba clavada 1, Bomba clavada 2, Bomba Halberg, Bomba JC, Panel 2 Este, Panel 1W, Panel 0 Ovejo, Sobreguia Invasores, Panel 0 W y Polvorín.

Para un total de 12 equipos lo que determina una potencia instalada de 310 HP.

Este transformador se alimentara con cable seco XLPE desde la bocamina del nivel 18.

El transformador número 2, ubicado en la parte central del nivel 17 alimentará los siguientes equipos:

Panel Veta 4, Panel Veta Norte, Panel Invasores 2, Diamantina, Panel 6 este, Bomba 4, Cargador # 1, Panel Nor W, Panel Nor W exploración, Ventilador # 1, Panel bloque 2 sur, panel 00 Ramal sur, Panel Colgados, bomba 3, malacate de Peñadura y cargador 3.

Para un total de 16 equipos, con una potencia instalada de 393 HP.

Este transformador se alimentará por el lado de alta por cable seco XLPE, desde la bocamina del nivel 17

Para el transformador de Bocamina de Verónica, el cual se denominará Transformador numero 3, le corresponderán los siguientes equipos ubicados en el nivel 16

Panel 5 Ovejo, Panel 5W, Panel 0 Ovejo, Panel 7 Ovejo, Panel Dolores, Panel Cubana, Cargador # 2 y Ventilador # 2.

Para un total de 8 equipos lo que determina una potencia instalada de 177.5 HP.

Este transformador estará ubicado en la Bocamina de el nivel 16 y se alimentará por líneas aéreas con cable tipo ACSR, es decir en el nivel 16 no existirán cables de 13.2 kV.

4 LOCALIZACION DE LOS BARRAJES.

Para ubicar los barrajes en los diferentes sectores de la mina, se siguieron los siguientes pasos:

Se determinó en que sectores de la mina se encontraban concentrados los equipos por niveles, ejemplo Diana nivel 16 la cual tiene 4 equipos.

Se escogió aquellos equipos que estuvieran más separados entre sí y con corrientes a plena carga sean mayores que las del resto de los equipos del sector.

Se les igualó sus momentos eléctricos con respecto a un punto ubicado una distancia d .

Luego de haber obtenido el punto en el cual los momentos eléctricos de los 2 equipos son iguales, se toman las distancias restantes de los demás equipos con respecto a este punto y se considera que ahí quedará ubicado el barraje.

Para la ubicación del transformador al barraje, se resta la distancia d de la distancia a la cual se encontraba la alimentación de cualquiera de los 2 motores más representativos del sector.

4.1 UBICACION BARRAJES TRANSFORMADOR 1.

Este transformador constara de 5 barrajes, uno principal ubicado cerca a él, y 4 secundarios ubicados en los siguientes sitios: 2 en La clavada y 2 en Ovejo Nivel 18.

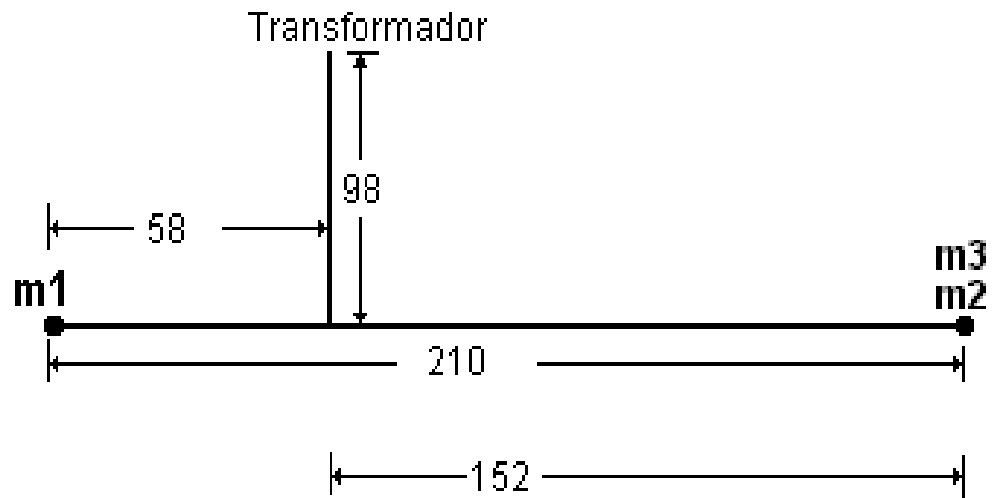
El barraje principal alimentará directamente al motor de el polvorín, el cual se ubicará a una distancia de 338 metros.

La distribución y localización de los 4 barrajes de este transformador se muestran a continuación.

4.1.1 Transformador 1- Barraje Nº 1 - La Clavada.

Los equipos que estarán conectados a este barraje, se encuentran distribuidos a en la parte superior del inclinado que como se explico en el primer informe es un inclinado de aproximadamente 350 metros. La distribución de los equipos es como muestra la figura 2.

Figura 2. Distribución equipos sector La clavada.



Escala : sin.

Todas las medidas en metros.

Donde :

m1 = 60 HP - Skip.

m2 = 30 HP - Bomba Halberg

m3 = 12 HP - Bomba Barnes

m1 y m2 son las cargas más significativas de este sector de la mina, por lo tanto será entre estos 2 motores que se calculará el punto en el cual los dos momentos eléctricos son iguales así:

$$V_{Im1} = V_{Im2} = 440 \text{ v.}$$

$$Im1 = 80.5 \text{ A.}$$

$$Im2 = 41.81 \text{ A.}$$

$$L = 210 \text{ metros.}$$

Entonces :

$$\sqrt{3} * V_l * I_{m1} * d = \sqrt{3} * V_l * I_{m2} * (L - d)$$

$$80.5 * d = 41.81 * (210 - d)$$

$$d = 71.78$$

$$\Rightarrow d = 72 \text{ metros}$$

Con esta distancia obtenida d , medida desde $m1$, obtenemos la ubicación del barraje medido desde el transformador así:

$$D_{TF} = d - d_{m1} + d_{ta}.$$

Donde :

D_{TF} = Distancia del barraje al Transformador.

d_{m1} = Distancia "antigua" de $m1$.

d_{ta} = Distancia "antigua" del transformador.

Entonces :

$$D_{TF} = 72 - 58 + 98.$$

$$D_{TF} = 112 \text{ metros}$$

La tabla siguiente muestra las distancias de cada uno de los equipos de este sector con respecto al barraje.

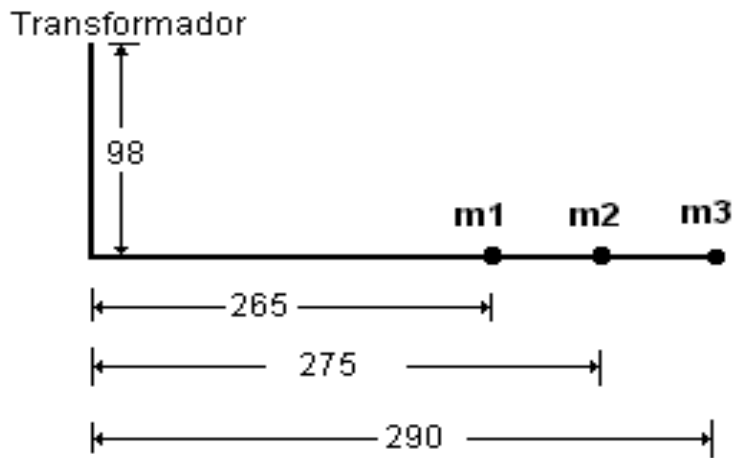
TABLA 2. Distancias de equipo a Barraje 1-T1.

EQUIPO	DISTANCIA (METROS)
Skip.	72
Bomba Halberg	138
Bomba Barnes.	138

4.1.2 Transformador 1. Barraje Numero 2- Barraje Clavada parte inferior.

La figura 3, muestra la distribución de los equipos en este sector.

Figura 3. Distribución equipos sector La clavada-parte inferior.



Escala sin.

Todas las medidas en metros.

Donde

m1 = 50 HP - Bomba JC.

m2 = 18 HP - Bomba Clavada 1.

m3 = 12 HP - Bomba Clavada 2.

Como se observa, los tres motores se encuentran muy cerca entre sí; por esta razón la ubicación del barraje se hace de tal manera que el equipo de mayor potencia se encuentre mas próximo a él.

Con este criterio, el barraje se ubicó a una distancia de 243 metros y las distancias obtenidas fueron:

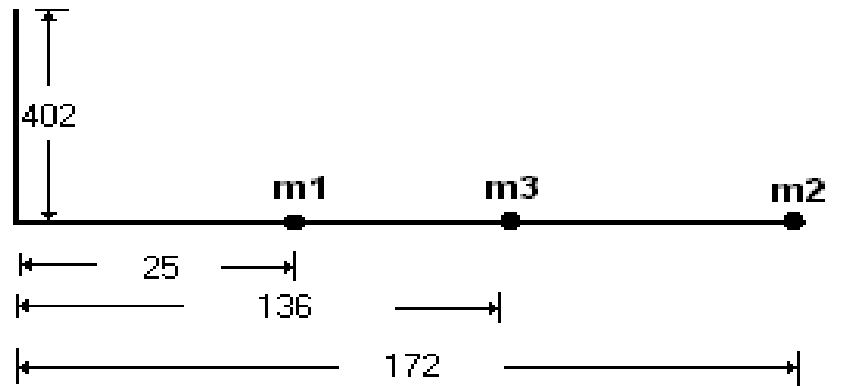
Tabla 3. Distancias de equipos a Barraje 2-T1.

EQUIPO	DISTANCIA (METROS)
Bomba JC.	120
Bomba Clavada 1.	130
Bomba Clavada 2.	145

4.1.3 Transformador 1- Barraje numero 3- Parte este Ovejo- Nivel 18.

Para este barraje, la distribución de las cargas fue la siguiente:

Figura 4. Distribución equipos sector Ovejo – Nivel 18..



Escala sin.

Todas las medidas en metros.

m1= 25 HP - Panel 0 Ovejo .

m2 = 30 HP – Panel 2 Este.

m3 = 20 HP – Sobreguía Invasores.

Donde m1 y m2 son las cargas más significativas de este sector.

$V_{lm1} = V_{lm2} = 440 \text{ v.}$

$Im1 = 35.54 \text{ A.}$

$Im2 = 41.81 \text{ A.}$

Por disposición geográfica de los equipos, las distancias de cada uno al barraje se tomara tal cual como aparecen en el gráfico, es decir él barraje lo ubicaremos a 402 metros del transformador.

La tabla siguiente muestra las distancias de cada uno de los equipos de este sector con respecto al barraje.

Tabla 4. Distancias de equipos a Barraje 3-T1.

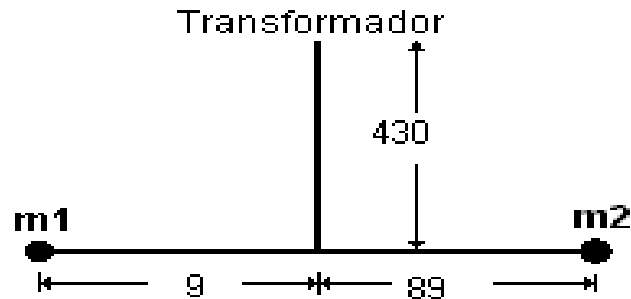
EQUIPO	DISTANCIA (METROS)
Panel 2 Este	172
Panel 0 Ovejo	25
Sobreguía Invasores	136

4.1.4 Transformador 1- Barraje numero 4- Parte oeste Ovejo- Nivel 18.

Este barraje alimentará los motores del panel 0W y 1W de la parte oeste nivel 18.

La ubicación de los equipos en este sector es la siguiente :

Figura 5. Distribución equipos sector Ovejo oeste – Nivel 18..



Escala Sin.

Todas las medidas en metros.

Para hallar la ubicación del barraje procedemos de la siguiente manera :

m1= 25 HP - Panel 0 W.

m2 = 25 HP – Panel 1W.

$I_{m1} = I_{m2} = 35.54 \text{ A.}$

Para ubicar el barraje en este sector, el procedimiento a utilizar será el de hallar para el motor de mayor potencia (25 HP) y que esté mas retirado de la fuente, la distancia máxima para un conductor que tenga la capacidad de corriente por encima de la nominal del equipo y que dé como resultado una regulación máxima del 3 %.

Para nuestro caso, como los dos motores tienen potencias iguales, escogeremos el que se encuentre mas lejano del transformador, el motor del 1W.

Para esto nos basaremos en la ecuación:

$$\delta\% = \frac{F_s * \sqrt{3} * V_l * I_l * l * K_g * 10^{-3}}{V_l^2} \quad (1)$$

Donde :

l Longitud de el tramo en metros.

V_L : Voltaje de línea en Voltios.

I_L Corriente de línea en Amperios.

K_G Constante de cada cable perteneciente a cada circuito ramal, para nuestro caso a factor de potencia 0.8.

F_s Factor de subestación. Para nuestro caso 1.Red trifásica tetrafilar

Entonces:

$$\delta = 3\%.$$

$$I_L = 35.54 \text{ A.}$$

$$K_G = 196.463 \text{ (calibre 8 AWG, Capacidad amperimetrica =50 A).}$$

$$V_L = 440 \text{ V.}$$

Despejando l , obtenemos que la distancia máxima es de 109 metros.

Entonces, la distancia del barraje al transformador será de:

$$D_{TF} = d - d_{m1} + d_{ta}.$$

$$D_{TF} = (430+89)-109.$$

$$D_{TF} = 410 \text{ metros.}$$

Tabla 5. Distancias de equipos a Barraje 4-T1.

EQUIPO	DISTANCIA (METROS)
Panel 0W.	29
Panel 1W	109

4.1.5 Barraje General de Baja Tensión Transformador 1 (BGBT).

Este barraje se encuentra ubicado a 2 metros del transformador 1, de este barraje se encuentran alimentados los barrajes 1,2,3,4 además del Polvorín que se encuentra ubicado a 338 metros de dicho barraje.

La tabla 6 consigna las distancias de cada barraje hasta el transformador 1.

TABLA 6. Distancias de barrajes a B.G.B.T-T1.

BARRAJE	DISTANCIA (METROS)
Barraje 1-T1	112
Barraje 2.-T1	243
Barraje 3-T1.	402
Barraje 4-T1.	410
Polvorín	338

4.2 UBICACION BARRAJES TRANSFORMADOR 2.

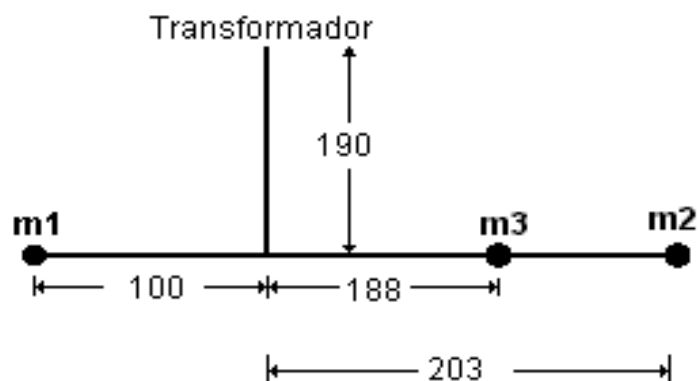
Este transformador estará ubicado 140 metros más al oeste de la guía principal del nivel 17, constará de 5 barrajes secundarios y un barraje principal.

Los barrajes secundarios estarán ubicados en la parte norte del nivel 17, en la parte noreste del nivel 17, parte noroeste del nivel 17, parte sur del nivel 17 y parte sur del nivel 16.

4.2.1 Transformador 2 – Barraje 1- Nivel 17 Parte Norte.

La ubicación de los equipos en este sector es la siguiente :

Figura 6. Distribución equipos sector Norte – Nivel 17..



Escala Sin.

Todas las medidas en metros.

Donde :

m1 = 30 HP – Panel Veta 4.

m2 = 50 HP – Bomba 4.

m3 = 25 HP – Panel Veta Norte.

Donde m1 y m3 son las cargas más significativas de este sector, porque están más separadas una de la otra, que con respecto a la bomba 3.

$V_{lm1} = V_{lm2} = 440 \text{ v.}$

$I_{m1} = 41.81 \text{ A.}$

$I_{m3} = 35.54 \text{ A.}$

$L = 288 \text{ metros.}$

$$\sqrt{3} * V_l * I_{m1} * d = \sqrt{3} * V_l * I_{m2} * (L - d)$$

$$41.81 * d = 35.54 * (288 - d)$$

$$d = 132.32$$

$$\Rightarrow d = 132 \text{ metros}$$

El barraje entonces se ubicará a 132 metros de m1, de aquí se toma como referencia para la ubicación de los demás equipos.

Obtenemos la distancia del transformador al barraje.

$$D_{TF} = d - d_{m1} + d_{ta.}$$

Donde :

D_{TF} = Distancia del barraje al Transformador.

D_{m1} = Distancia “antigua” de m1.

D_{ta} = Distancia “antigua” del transformador.

Entonces:

$$D_{TF} = 132 - 100 + 190$$

$$D_{TF} = 222 \text{ metros}$$

En la tabla siguiente se muestra la distancia de cada equipo con respecto al barraje

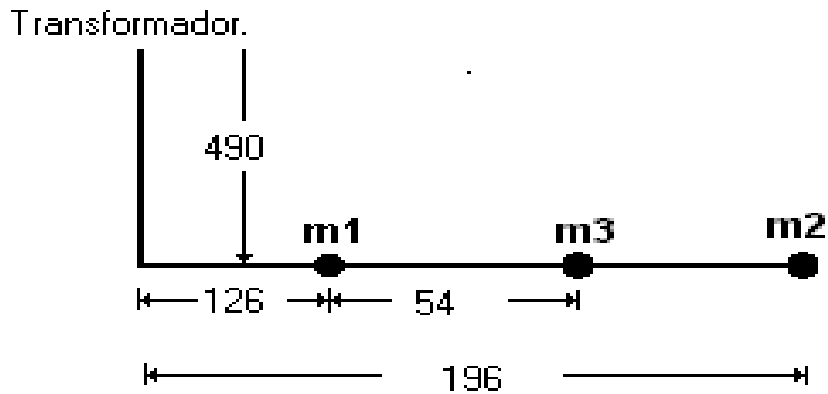
Tabla 7. Distancias de equipos a Barraje 1-T2.

EQUIPO	DISTANCIA (METROS)
Panel Veta 4	132
Panel Veta Norte.	156
Bomba 4.	171

4.2.2 Transformador 2- Barraje 2 – Nivel 17 Parte Noreste.

En este sector, los equipos se ubican como indica la siguiente figura.

Figura 7. Distribución equipos sector Noreste – Nivel 17.



Escala Sin.

Todas las medidas en metros.

Donde:

m1= 20 HP – Panel 6 nivel 17.

m2 = 25 HP –Panel Invasores 2.

m3 = 23 HP – Diamantina.

Entonces:

$$V_{lm1} = V_{lm2} = 440 \text{ v.}$$

$$I_{m1} = 28.22 \text{ A.}$$

$$I_{m2} = 35.54 \text{ A.}$$

Para ubicar el barraje en este sector, el procedimiento a utilizar será el de hallar para el motor de mayor potencia (25 HP) y que este mas retirado de la fuente, la distancia máxima para un conductor que tenga la capacidad de corriente por encima de la nominal del equipo y que dé como resultado una regulación máxima del 3 %.

Para nuestro caso, escogeremos el que se encuentre más lejano del transformador, el motor del Panel invasores 2.

Para esto nos basaremos en la ecuación:

$$\delta\% = \frac{F_s * \sqrt{3} * V_L * I_L * l * K_g * 10^{-3}}{V_L^2}$$

Donde :

l Longitud de el tramo en metros.

V_L : Voltaje de línea en Voltios.

I_L Corriente de línea en Amperios.

K_G Constante de cada cable perteneciente a cada circuito ramal, para nuestro caso a factor de potencia 0.8.

F_s Factor de subestación. Para nuestro caso 1.Red trifásica tetrafilar

Entonces:

$$\delta = 3\%.$$

$$I_L = 35.54 \text{ A.}$$

$$K_G = 196.463 \text{ (calibre 8 AWG, Capacidad amperimetrica =50 A).}$$

$$V_L = 440 \text{ V.}$$

Despejando l, obtenemos que la distancia máxima es de 109 metros.

Es decir la distancia del motor del panel Invasores 2 hasta el barraje son 109 metros.
Hallamos la distancia hasta del barraje al transformador:

$$D_{TF} = d - d_{m1} + d_{ta}.$$

Donde :

D_{TF} = Distancia del barraje al Transformador.

D_{m1} = Distancia “antigua” de m1.

D_{ta} = Distancia “antigua” del transformador.

$$D_{TF} = 196 - 109 + 490.$$

$$D_{TF} = 577 \text{ metros.}$$

En la tabla siguiente se muestra la distancia de cada equipo con respecto al barraje

Tabla 8. Distancias de equipos a Barraje 2-T2.

EQUIPO	DISTANCIA (METROS)
Panel 6 Ovejo.	39
Invasores 2	109
Diamec.	93

4.2.3 Transformador 2- Barraje 3- Nivel 17- Parte Noroeste

La siguiente es la distribución de los equipos en este sector:

Figura 8. Distribución equipos sector Noroeste – Nivel 17..

$$D_{TF} = 219-165+309.$$

$$D_{TF} = 363 \text{ metros.}$$

En la tabla siguiente se muestra la distancia de cada equipo con respecto al barraje

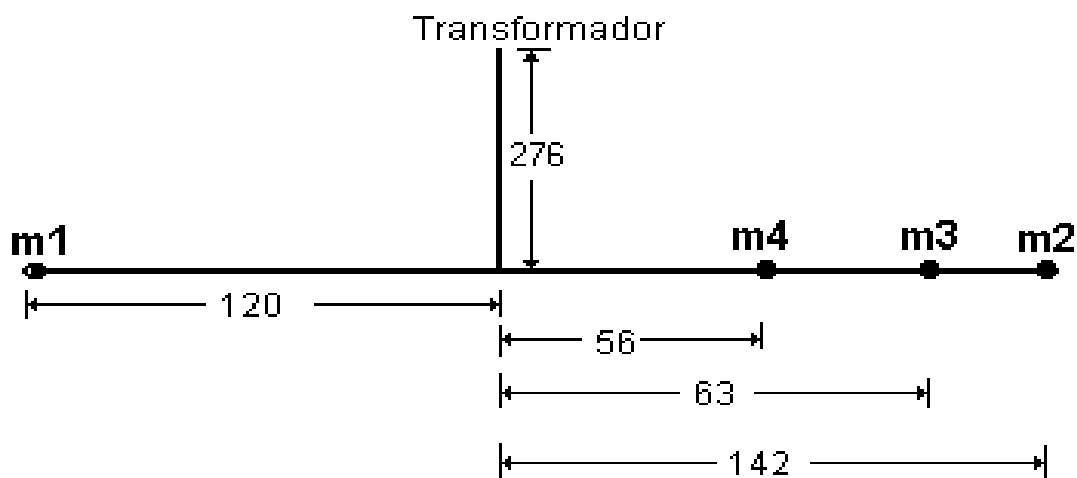
Tabla 9. Distancias de equipos a Barraje 3-T2..

EQUIPO	DISTANCIA (METROS)
Ventilador 1	165
Panel Nor W- exploración.	244
Panel Nor W	232

4.2.4 Transformador 2. Barraje 4- Nivel 17- parte Sur.

La siguiente es la distribución de los equipos en este sector:

Figura 9. Distribución equipos sector Sur- Nivel 17..



Escala sin.

Todas las medidas están en metros.

Donde

m1= 20 HP – Panel Bloque 2 sur.

m2 = 30 HP – Panel Colgados.

m3 = 20 HP – Panel 00 Ramal Sur.

m4 = 50 HP – Bomba # 3.

L = 262 metros.

Donde se considera a m1 y m2 como las cargas mas significativas de esta sección, m4 no se considera significativa porque es un equipo que no trabaja simultáneamente con los demás equipo del barraje.

Entonces:

$$\sqrt{3} * V_l * I_{m1} * d = \sqrt{3} * V_l * I_{m2} * (L - d)$$

$$28.22 * d = 41.81 * (262 - d)$$

$$d = 156.4$$

$$\Rightarrow d = 156 \text{ metros}$$

El barraje entonces se ubicará a 156 metros de m1, de aquí se toma como referencia para la ubicación de los demás equipos.

Obtenemos la distancia del transformador al barraje.

$$D_{TF} = d - d_{m1} + d_{ta}$$

Donde :

D_{TF} = Distancia del barraje al Transformador.

D_{m1} = Distancia "antigua" de m1.

D_{ta} = Distancia "antigua" del transformador.

Entonces:

$$D_{TF} = 156 - 120 + 276.$$

$$D_{TF} = 312 \text{ metros}$$

En la tabla siguiente se muestra la distancia de cada equipo con respecto al barraje

Tabla 10. Distancias de Equipos a Barraje 4-T2.

EQUIPO	DISTANCIA (METROS)
Panel B2 Sur	156
Bomba 3	20
Panel 00 Ramal Sur.	27
Panel Colgados.	106

4.2.5 Transformador 2 Barraje 5 – Nivel 16-Parte Sur.

Para la ubicación de este barraje, se determinó que quedará mas cerca del motor de mayor potencia que va a alimentar, en nuestro caso es un motor de 10 HP.

Este barraje se encontrará a una distancia de 650 metros del transformador numero 2.

Tabla 11. Distancias de Equipos a Barraje 5-T2.

EQUIPO	DISTANCIA (METROS)
Cargador # 3	132
Peñadura.	100

4.2.6 BARRAJE GENERAL DE BAJA TENSION – TRANSFORMADOR 2.

La tabla 12 consigna las distancias de cada barraje hasta él barraje general de baja tensión para el transformador 2.

El cargador 1, estará alimentado directamente de este barraje, a una distancia de 150 metros.

Tabla 12. Distancias de Barrajes a B.G.B.T –T2.

BARRAJE	DISTANCIA (METROS)
Barraje 1-T2	222
Barraje 2-T2	577
Barraje 3-T2	363
Barraje 4-T2	312
Barraje 5-T2	650

4.3 UBICACION BARRAJES TRANSFORMADOR 3.

El Transformador 3, estará ubicado en la bocamina del nivel 16, constará de 1 barraje principal y 2 barrajes secundarios; el barraje de la parte noroeste y el barraje de la parte norte del nivel 16.

El ventilador # 2 se encuentra alimentado directamente del barraje principal.

4.3.1 Transformador 3 – Barraje 1 – Nivel 16 Noreste.

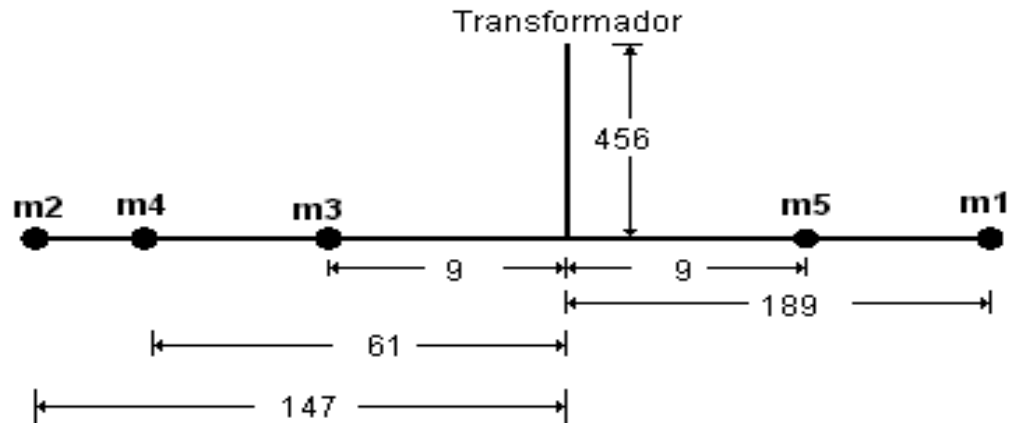
La ubicación de este barraje quedará determinada por la distancia de los motores al transformador principal (121 y 125 metros respectivamente), por regulación de los motores, se determinó que el barraje quedará ubicado a 41 metros del transformador, entonces las distancias de los motores son:

Tabla 13. Distancias de equipos a Barraje 1-T3.

EQUIPO	DISTANCIA (METROS)
Panel 5 Ovejo 16.	80
Panel 5W nivel 16	84

4.3.2 Transformador 3 – Barraje 2 – Nivel 16 Norte.

Figura 10. Distribución equipos sector Norte Nivel 16.



Escala sin.

Todas las medidas en metros.

Donde :

m1= 20 HP Panel 0 ovejo.

m2 = 30 HP Panel Cubana.

- m3 = 25 HP Panel 7 Ovejo.
- m4 = 20 HP Panel Dolores Bocamina
- m5 = 7.5 HP Cargador de baterías # 2.,

Entonces se tiene que:

$$I_{m2} = 41.81 \text{ A.}$$

$$I_{m1} = 28.22 \text{ A}$$

$$L = 156 \text{ metros.}$$

$$\sqrt{3} * V_l * I_{m1} * d = \sqrt{3} * V_l * I_{m2} * (L - d)$$

$$28.22 * d = 41.81 * (156 - d)$$

$$d = 93.1$$

$$\Rightarrow d = 93 \text{ metros}$$

La distancia del transformador se obtiene como en los barrajes anteriores, el resultado es:

$$D_{TF} = 540 \text{ metros.}$$

La distancia de los equipos de este sector al transformador es:

Tabla 14. Distancias de equipos a Barraje 2-T3.

EQUIPO	DISTANCIA (METROS)
Panel Cubana.	63
Panel Dolores Bocamina	41
Cargador 2	23
Panel 7 ovejo	75
Panel 0 Ovejo.	93

4.3.3 Barraje General de Baja Tensión – Transformador 3.

Este barraje se alimentará del transformador 3, ubicado a 3 metros.

Alimentará a los barrajes 1 y 2 además del ventilador 2.

4.3.4 Distancias de barrajes a transformador 3.

La Tabla 15 consigna las distancias de los barrajes a el barraje número B.G.B.T- T3..

Tabla 15. Distancias de Barrajes al B.G.B.T –T3.

BARRAJE	DISTANCIA (METROS)
Barraje 1-T3	41
Barraje 2-T3	540
Ventilador # 2.	10

5. CALCULO DE REGULACION DE CIRCUITOS RAMALES.

Para el calculo de regulaci3n de los circuitos ramales de cada transformador , se utilizara la ecuaci3n 1.

$$\delta\% = \frac{F_s * \sqrt{3} * V_l * I_l * l * K_g * 10^{-3}}{V_l^2} \quad (1)$$

Donde :

l Longitud de el tramo en metros.

V_L : Voltaje de lnea en Voltios.

I_L Corriente de lnea en Amperios.

K_G Constante de cada cable perteneciente a cada circuito ramal, para nuestro caso a factor de potencia 0.8.

F_s Factor de subestaci3n. Para nuestro caso 1.Red trif3sica tetrafilar.

La elecci3n del conductor debe cumplir con la especificaci3n de que su capacidad de corriente debe ser m3nimo el especificado en la tabla 1, seg3n el tipo de funcionamiento.

El conductor elegido debe cumplir con una regulaci3n m3xima del 3 %, para esto se despeja la constante K_g de la ecuaci3n 1.

$$K_g = \frac{\delta * V_{lg}}{F_s * \sqrt{3} * I_L * l * 10^{-3}} \quad (2).$$

Con este valor de K_g, se busca en las tablas el conductor que tenga un valor de K_g igual o inferior al obtenido para un factor de potencia de 0.8. Este valor hallado en las tablas se reemplaza en la ecuaci3n 1, obteniendo as3 la regulaci3n para el equipo en cuesti3n.

5.1 CALCULO TIPO DE CIRCUITO RAMAL.

Para calcular los conductores de los equipos de los transformadores 1,2 y 3 se realizar3 un calculo tipo utilizando un equipo del Transformador 3.

Barraje Sur Nivel 17.

Equipo : Panel Colgados.

Amperios =41.81.

Distancia al barraje (Tabla 10) = 106 metros.

La capacidad mínima del conductor se obtiene multiplicando la corriente nominal del equipo por el porcentaje de corriente nominal por clasificación de servicio entregado en la tabla 1, así:

$\%I_{\text{nominal}} \text{ del conductor} = 1.25 * I_{\text{nominal equipo.}}$ (Según tabla 1)

$\Rightarrow \%I_{\text{nominal}} \text{ del conductor} = 52.26 \text{ A.}$

se reemplazaran estos valores en la ecuación 2, para obtener el valor de K_g deseado.

$$K_g = \frac{3 * 440}{1 * \sqrt{3} * 41.81 * 106 * 10^{-3}}$$
$$K_g = 171.96$$

En las tablas se buscarà el valor de K_g que sea igual o inferior al obtenido y que su capacidad de corriente a 75 °C sea igual o superior a la entregada en las tablas 310-16 de la NTC 2050.

Seleccionando obtenemos un conductor tipo SHD-GC especial para minería, con aislamiento de EP (Etileno- propileno).

Calibre 6 AWG- EP

Capacidad de corriente = 65 A:

Imínima conductor = 52.26 A.

Por lo tanto el conductor cumple con la capacidad mínima de corriente necesaria.

Al reemplazar el valor de K_g para el calibre 6 AWG (126.254) en la ecuación 1 se obtendrá como resultado una regulación del 2.203 %, que es inferior al 3 % máximo.

La regulación de los equipos restantes de este transformador se muestra en la tabla 16. Donde se especifica la corriente mínima requerida para el conductor(columna 4), el calibre elegido para el conductor (columna 5) y su capacidad nominal de corriente (columna 6).

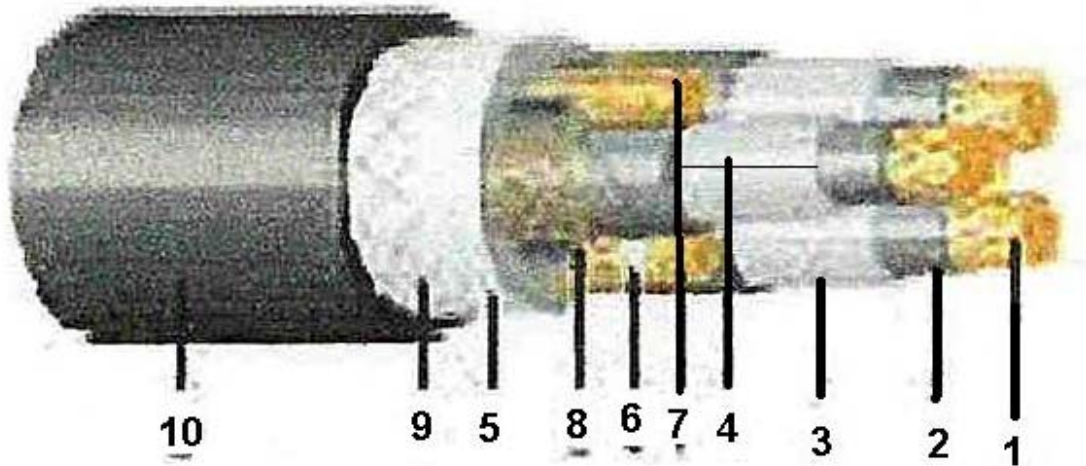
.Todos los conductores son del tipo SHD-GC, de cobre, con aislamiento EP, fabricados según la norma NEMA WC – 58 instalados en la parte izquierda de la mina mirado desde la Bocamina principal. La instalación se realiza a través de soportes colocados en las paredes de la mina.

La regulación de los equipos del Transformador 2, se muestra en la tabla numero 17.

La regulación de los equipos del Transformador 3, se muestra en la tabla numero 18.

A Continuación se muestra en la figura 11 el tipo de conductor tipo SHD- GC.

Figura 11. Cable tipo SHD- GC.



Donde:

1. conductor redondo compacto de cobre suave.
2. Pantalla semiconductora extruida.
3. Aislamiento de etileno propileno.
4. Identificación de fases.
5. Cinta de cobre suave estañado sobre semiconductor extruido.
6. Conductor de tierra de cobre suave estañado.
7. conductor verificador de tierra de cobre suave.
8. Aislamiento de etileno propileno.
9. Cinta textil.
10. Cubierta exterior elastomérica color negro.

Tabla 16. Regulación circuitos ramales transformador 1.

<i>Equipo</i>	<i>Motor N°.</i>	<i>Potencia HP</i>	<i>Amperaje (A)</i>	<i>I cond. (A)</i>	<i>Calibre AWG</i>	<i>Inominal (A)</i>	<i>Kg.</i>	<i>Distancia (mts)</i>	<i>Regulación Parcial.</i>
Skip	1	60	80.5	100.63	2	115	53.8566	72	1.229
Bomba clavada 1	2	18	26.34	36.88	8	50	196.463	130	2.648
Bomba clavada 2	3	12	17.55	24.57	8	50	196.463	145	1.968
Bomba JC	4	50	67.95	95.13	2	115	53.8566	120	1.729
Bomba Halberg	5	30	41.81	58.53	6	65	126.2540	138	2.867
Bomba Barnes	6	12	17.55	24.57	10	35	302.877	138	2.887
Panel 0 Ovejo	7	25	35.54	49.76	8	50	196.4630	25	0.687
Panel 2 este	8	30	41.81	58.53	4	85	81.9997	172	2.321
Panel 0 W	9	25	35.54	49.76	8	50	196.4630	109	2.996
Panel 1W	10	25	35.54	49.76	8	50	196.4630	29	0.797
S/guía invasores	11	20	28.22	39.51	8	50	196.4630	136	2.968
Polvorín	12	3	5.01	6.26	12	20	476.4670	338	3.176

Nota : La regulación del Polvorín puede ser mayor del 3 %, ya que esta alimentado directamente de la fuente

Tabla 17. Regulación circuitos ramales transformador 2.

<i>Equipo</i>	<i>Motor N°.</i>	<i>Potencia HP</i>	<i>Amperaje (A)</i>	<i>I cond. (A)</i>	<i>Calibre AWG</i>	<i>Inominal (A)</i>	<i>Kg.</i>	<i>Distancia (mts)</i>	<i>Regulación Parcial.</i>
Bloque 2 sur	13	20	28.22	39.51	6	65	126.2540	156	2.188
Panel 00 ramal Sur	14	20	28.22	39.51	8	50	196.4630	27	0.589
Panel colgados	15	30	41.81	58.53	6	65	126.2540	106	2.203
Bomba 3	16	50	67.95	95.13	2	115	53.8566	20	0.288
Veta 4	17	30	41.81	58.53	6	65	126.254	132	2.743
Veta norte	18	25	35.54	49.76	6	65	126.254	156	2.755
Invasores # 2	19	25	35.54	49.76	8	50	196.4630	109	2.996
Diamantina	20	23	33.65	42.06	8	50	196.4630	93	2.420
Panel 6 nivel 17	21	20	28.22	39.51	8	50	196.4630	39	0.851
Bomba 4	22	50	67.95	95.13	2	115	53.8566	171	2.463
Cargador 1	23	7.5	10	12.50	12	20	476.467	150	2.813
Panel Nor W	24	25	35.54	49.76	4	85	81.9997	232	2.661
Panel Nor W exp.	25	20	28.22	39.51	4	85	81.9997	244	2.223
Ventilador 1	26	30	41.81	52.26	4	85	81.9997	165	2.227
Cargador 2	27	7.5	10	12.50	12	20	476.467	100	1.744
Peñadura	28	10	14.63	20.48	10	35	302.877	132	2.476

Tabla 18. Regulación circuitos ramales transformador 3.

<i>Equipo</i>	<i>Motor N°.</i>	<i>Potencia HP</i>	<i>Amperaje (A)</i>	<i>I cond. (A)</i>	<i>Calibre AWG</i>	<i>Inominal (A)</i>	<i>Kg.</i>	<i>Distancia (mts)</i>	<i>Regulación Parcial.</i>
Panel 5 ovejo –16	29	25	35.54	49.76	8	50	196.463	81	2.226
Panel 5 W – 16	30	20	28.22	39.51	8	50	196.463	85	1.855
Panel 0 ovejo 16	31	20	28.22	39.51	8	50	196.463	93	2.03
Panel 7 ovejo –16	32	25	35.54	49.76	8	50	196.463	75	2.061
Dolores Nivel 16	33	20	28.22	39.51	8	50	196.463	23	0.502
Cubana	34	30	41.81	52.26	6	65	126.254	63	1.298
Cargador 3	35	7.5	10	12.50	8	50	476.467	273	2.111
Ventilador 2	36	30	41.81	52.26	6	65	126.254	10	0.208

6. CALCULO DE REGULACIÓN PARA ALIMENTADORES DE BARRAJES

Para el cálculo de los alimentadores de barrajes, se procedió a calcular la capacidad de corriente de cada alimentador de la siguiente manera:

$$I_{alim} = \Sigma I + 0.25 * I_{mayor} \quad (3)$$

Donde:

I_{mayor} Capacidad de corriente del mayor motor del grupo.

ΣI : Sumatoria de las corrientes a plena carga de los demás motores de este barraje.

Para la Sumatoria de corrientes de cada barraje, se aplica un factor de diversidad que depende de la programación del departamento de producción para cada equipo. Es decir, no todos los equipos que estén conectados a cada barraje trabajaran simultáneamente, por lo tanto se busca aquel día que presente un mayor número de equipos trabajando.

Para esto se basara en el anexo A, donde muestra la programación de cada equipo durante el mes de Diciembre de 2002.

En el cálculo de los alimentadores, se tomó en cuenta el funcionamiento de las bombas de relleno (bomba 3 y bomba 4), considerando que la programación de estas bombas depende del numero de paneles a rellenar y su ubicación. Con esta consideración y observando la programación, la bomba 3 trabajará los días 15,16,17,18,22,23,26 y 27; la bomba 4 trabajará los días 21,22,23,26,27,28,29,30,2 y 3.

Para ilustrar lo anterior se mostraran dos ejemplos.

Ejemplo 1, para calcular el alimentador del barraje número 1, teniendo en cuenta que el funcionamiento de los equipos de dicho barraje 1 es continuo.

Utilizando la ecuación 3, se calculará la capacidad de corriente mínima del conductor del alimentador 1.

$$\begin{aligned} I_{alim1} &= \Sigma I + 0.25 * I_{mayor} \\ I_{alim1} &= 80.5 + 17.55 + 41.81 + 0.25 * 80.5 \\ I_{alim1} &= 159.985 \text{ A} \end{aligned}$$

Utilizando la ecuación 1, calculamos la regulación, teniendo en cuenta que el conductor elegido debe tener una capacidad de corriente mayor a la obtenida según la ecuación 3

$$\delta\% = \frac{F_s * \sqrt{3} * V_l * I_{alim} * l * K_g * 10^{-3}}{V_l^2} \quad (1)$$

Donde:

$I_{alim.}$ = Corriente de alimentador igual a la suma de las corrientes de equipos.

L = Longitud de cada alimentador, según tabla 4.

$$K_g = \frac{\delta * V_{l_g}}{F_s * \sqrt{3} * I_L * l * 10^{-3}}$$
$$K_g = \frac{2 * 440}{1 * \sqrt{3} * 139.86 * 112 * 10^{-3}}$$
$$K_g = 32.44$$

El conductor elegido para alimentar este barraje es un conductor de cobre calibre 2/0 AWG, con capacidad de corriente de 175 Amperios, aislamiento THW, el cual da como resultado una regulación de 1.85 %.

Ejemplo 2. Calcular el alimentador del barraje numero 6 que alimenta tres cargas especificas, las cuales son veta 4, veta norte y la bomba 4.

Equipos en funcionamiento.

Veta Norte = 35.54 A.

Bomba 4 = 67.95 A..

El día de máxima demanda se presenta el 30 y 31, que trabajan estos dos equipos.

Se calcula la corriente del alimentador, teniendo en cuenta que la corriente mayor, será la suministrada por la bomba 4.

$$I_{alim} = \Sigma I + 0.25 * I_{mayor}$$
$$I_{alim} = 35.54 + 67.95 + 0.25 * 67.95 \text{ A.}$$
$$I_{alim} = 120.478 \text{ A}$$

Para calcular la regulación, se utiliza la ecuación 1.

$$\delta\% = \frac{F_s * \sqrt{3} * V_l * I_l * l * K_g * 10^{-3}}{V_l^2}$$

Despejando se obtiene K_g

$$K_g = \frac{\delta * V_{l_g}}{F_s * \sqrt{3} * I_L * l * 10^{-3}}$$

Donde:

L = 222 metros.

V_L : 440 V.

I_L = 103.49 A .

δ = 2

F_s Factor de subestación. Para este caso 1.Red trifásica tetrafilar.

Entonces:

$$K_g = 22.1147$$

El conductor elegido para alimentar este barraje es un conductor de cobre calibre 4/0 AWG, con capacidad de corriente de 230 Amperios, aislamiento THW, el cual da como resultado una regulación de 1.90 %.

En la tabla 19 se muestran las regulaciones para cada una de los alimentadores de los barrajes.

Como se explicó anteriormente, para la regulación se tuvo en cuenta el factor de diversidad, teniendo en cuenta la programación del anexo A .Para este factor de diversidad, se utiliza el día de máxima demanda según lo establece la tabla.

Todos los conductores, por ser para alimentadores de barraje, la norma permite utilizar cables con aislamiento THW, calibre mcm y de cobre blando.

Tabla 19. Calculo de regulación para alimentadores Transformador 1 ,Transformador 2 y Transformador 3

	$I_{alim}(A)$.	Conductor	Con/fase.	Distancia(mts)	Día máxima demanda	Regulación
Barraje 1-T1	159.985	2/0	1	112	Continuo.	1.854
Barraje 2-T1	128.828	250	1	243	Continuo.	1.963
Barraje 3-T1	116.023	500	1	402	12	1.992
Barraje 4-T1.	44.425	2/0	1	410	5,7,9,10,11,12,16.	1.724
B.G.B.T.T1.	393.647	500	1	4	Continuo.	0.07
Barraje 1-T2	120.478	4/0	1	222	30,31	1.900
Barraje 2-T2	106.295	1000	1	577	5,7.	1.881
Barraje 3-T2	116.023	500	1	363	26,28.	1.798
Barraje 4-T2.	108.703	350	1	312	21	1.759
Barraje 5-T2.	28.2875	2/0	1	650	Continuo	1.894
B.G.B.T.T-2.	524.863	1000	1	4	Continuo.	0.07
Barraje 1-T3	44.425	8	1	41	5,7,8,30,31,1,2.	1.127
Barraje 2-T3	82.645	500	1	540	5, 7 ,8,9,10	1.869
B.G.B.T.T-3.	295.235	350	1	4	Continuo.	0.09

7 CALCULO DE REGULACIÓN PARA EQUIPOS.

Para el cálculo de regulación de los equipos, se guiará por el diagrama topológico de las figuras 20,21 y 22 para los transformadores 1 ,2 y 3 respectivamente, cada tramo está marcado en el diagrama topológico con un número encerrado en un circulo así : ①, ②,③.

Tabla 20. Regulación total equipos.

Equipo	Motor. N°	Tramo 0-1	Tramo 1-2	Tramo 2-3	Regulación total
Skip	1	0.070	1,924	3,152	3,152
Bomba clavada 1	2	0.070	2,033	4,681	4,681
Bomba clavada 2	3	0.070	2,033	4,001	4,001
Bomba JC	4	0.070	2,033	3,762	3,762
Bomba Halberg	5	0.070	1,924	4,791	4,791
Bomba Barnes	6	0.070	1,924	4,811	4,811
Panel 0 Ovejo	7	0.070	2,062	2,749	2,749
Panel 2 este	8	0.070	2,062	4,383	4,383
Panel 0 W	9	0.070	1,794	2,591	2,591
Panel 1W	10	0.070	1,794	4,790	4,790
S/guía invasores	11	0.070	2,062	5,030	5,030
Polvorín	12	0.070	3.246	----	3.246
Bloque 2 sur	13	0.070	1,829	4,016	4,016
Panel 00 ramal Sur	14	0.070	1,829	2,418	2,418
Panel colgados	15	0.070	1,829	4,031	4,031
Bomba 3	16	0.070	1,829	2,117	2,117
Veta 4	17	0.070	1,970	4,713	4.713
Veta norte	18	0.070	1,970	4,726	4.726
Panel 6 nivel 17	21	0.070	1,951	2,802	2,802
Invasores # 2	19	0.070	1,951	4,946	4,946
Diamantina	20	0.070	1,951	4,371	4,371

Tabla 20.Continuación.

Equipo	Motor. N°	Tramo 0-1	Tramo 1-2	Tramo 2-3	Regulación total
Bomba 4	22	0.070	1,970	4,434	4.434
Cargador 1	23	0.070	0.182	0.557	0.557
Panel Nor W	24	0.070	1,868	4,530	4,530
Panel Nor W exp.	25	0.070	1,868	4,091	4,091
Ventilador 1	26	0.070	1,868	4,095	4,095
Cargador 2	27	0.070	1,964	4,440	4,440
Peñadura	28	0.070	1,964	3,709	3,709
Panel 5 Ovejo –16	29	0.09	1,217	3,443	3.443
Panel 5 W – 16	30	0.09	1,217	3,072	3,072
Panel 0 ovejo 16	31	0.09	1,959	3,989	3,989
Panel 7 ovejo –16	32	0.09	1,959	4,020	4,020
Dolores Nivel 16	33	0.09	1,959	2,461	2,461
Cubana	34	0.09	1,959	3,268	3,258
Cargador 3	35	0.09	1,959	4,070	4,070
Ventilador 2	36	0.09	0,090	0,298	0,298

Como se observa, todos los motores cumplen con la regulación máxima permitida por la NTC 2050.

8. CALCULO DE PROTECCIONES.

8.1 PROTECCION DE CIRCUITOS RAMALES DE MOTORES CONTRA CORTOCIRCUITOS Y FALLA A TIERRA.

Para la protección del circuito ramal contra cortocircuito y falla a tierra, se utilizaran dispositivos ajustables con la protección coordinada del motor contra sobrecarga, según el artículo 430-52 de la NTC 2050.

Para calcular el dial de disparo del interruptor en cada equipo, se debe considerar la corriente de arranque en cada uno de estos equipos, dicha corriente se obtiene de los kVA por rotor bloqueado de cada equipo según la letra de código. Dichos KVA se encuentran en la tabla 430-7(b) de la NTC 2050.

Para ilustrar lo descritos en los artículos anteriores se realizará un cálculo tipo de protecciones.

Equipo = Diamantina.

Potencia = 23 HP.

$I_{nom} = 33.65$ A.

Según el artículo 430-22, para la protección térmica se elegirá un dispositivo con una corriente nominal no inferior a $1.25 \cdot I_{nom}$.

De aquí obtenemos.

$$I_{ter} = 1.25 \cdot 33.65 \text{ A}$$

$$I_{ter} = 42.06 \text{ A}$$

En el artículo 240-6 de la NTC-2050, se determina el interruptor con un valor normalizado por encima de la I_{ter} .

Elegimos un interruptor de 50 A.

$$I_{int} = 50 \text{ A.}$$

Esta protección térmica se ubicará al principio de cada circuito ramal, al final del circuito ramal se colocara un breaker de capacidad igual o muy cercana a la corriente nominal del motor, esto debido a las condiciones de la mina por lo largo de los circuitos ramales y para obtener un mejor grado de selectividad. Se requiere como una norma de seguridad en caso de realizarse cualquier mantenimiento preventivo a los equipos, ya que el medio de desconexión del equipo si solo se ubica en el barraje no queda a la vista del electricista que este realizando el mantenimiento.

Luego de elegida, la protección térmica, se procede a elegir contra COCI y falla a tierra así:

Se calcula la corriente de arranque según la letra de código:

$$kVA_{arra} = kVA_{letra} * Hp_{equipo}. (4)$$

Para la Diamantina, la letra de código es G, por lo que los kVA por caballo son 6.29

$$kVA_{arra} = 6.29 * 23$$

$$kVA_{arra} = 144.67$$

Calculamos la I_{arra}

$$kVA_{arra} = \sqrt{3} * I_{arra} * V (5)$$

$$I_{arra} = \frac{KVA_{arra}}{\sqrt{3} * V}$$

$$I_{arra} = \frac{144.67}{\sqrt{3} * 440}$$

$$I_{arra} = 189.836 \text{ A.}$$

Luego de obtener la corriente de arranque, se procede a elegir el dial de disparo para la protección por cocí, dividiendo la corriente de arranque entre la corriente del interruptor y aproximarle al entero inmediato superior.

$$\Rightarrow \text{Dial} = \frac{I_{arra}}{I_{ter}} = \frac{189.836}{50} (6).$$

$$\text{Dial} = 3.80$$

Elegimos para la Diamantina el dial número 4, por lo tanto la protección contra cocí se obtiene multiplicando la corriente normalizada del interruptor térmico por el dial así:

$$I_{coci} = I_{norm} * \text{dial}. (7)$$

$$I_{coci} = 50 * 4 \text{ A.}$$

$$I_{coci} = 200 \text{ A.}$$

Utilizando el mismo procedimiento, calculamos las protecciones para los demás. equipos. Los resultados se muestran en la tabla 18.

La capacidad de ruptura I_{cu} en Kiloamperios, será igual a la del breaker principal del transformador.

8.2 PROTECCION DEL MOTOR CONTRA SOBRECARGAS

Para la protección de los motores contra sobrecargas, se integraran relés tripolares de protección térmica montados sobre contactores, en arrancadores con un circuito star-stop, introducidos en caja plástica ubicados cerca de cada equipo.

Estos arrancadores se elegirán de acuerdo con la corriente nominal de cada motor, la graduación del relé bimetalico será igual a la corriente a plena carga de cada equipo y el contactor categoría AC3 tendrá una capacidad de corriente no inferior a la nominal del equipo.

La tabla 22 muestra la corriente nominal de placa de cada motor, la capacidad de corriente del contactor, el rango del relé bimetalico y la graduación del mismo para cada motor.

Tabla 21. Cálculo de protecciones para equipos Transformadores 1 ,2 y 3.

Equipo	Potencia	Amperaje	$I_{breaker}$ (A)	Breaker(A)	I_{cu} (KA)	$I_{arranque}$ (A)	$\frac{I_{arranque}}{I_{breaker . nom}}$	Dial	I_{coci} (A)
Skip	60	80.5	100.63	125	15	440.111	3.52	4	500
Bomba clavada 1	18	26.34	32.93	40	15	132.033	3.30	4	160
Bomba clavada 2	12	17.55	21.94	20	15	99.045	3.30	4	120
Bomba JC	50	67.95	84.94	100	15	412.686	4.13	5	500
Bomba Halberg	30	41.81	52.26	60	15	220.056	3.67	4	240
Bomba Barnes	12	17.55	21.94	20	15	99.045	3.30	4	120
Panel 0 ovejo	25	35.54	44.43	50	15	183.380	3.67	4	200
Panel 2 este	30	41.81	52.26	60	15	279.105	4.65	5	300
Panel 0 W	25	35.54	44.43	50	15	183.380	3.67	4	200
Panel 1W	25	35.54	44.43	50	15	183.380	3.67	4	200
S/guía invasores	20	28.22	35.28	40	15	146.704	3.67	4	160
Polvorin	3	5.01	6.26	15	15	31.453	2.10	3	45
Bloque 2 sur	20	28.22	35.28	40	20	146.704	3.67	4	160
Panel 00 ramal Sur	20	28.22	35.28	40	20	146.704	3.67	4	160
Panel colgados	30	41.81	52.26	60	20	279.105	4.65	5	300
Bomba 3	50	67.95	84.94	100	20	412.686	4.13	5	500
Veta 4	30	41.81	52.26	60	20	279.105	4.65	5	300
Veta norte	25	35.54	44.43	50	20	183.380	3.67	4	200
Invasores # 2	25	35.54	44.43	50	20	183.380	3.67	4	200

Diamantina	23	33.65	42.06	50	20	189.836	3.80	4	200
------------	----	-------	-------	----	----	---------	------	---	-----

Tabla 21. Continuación

Equipo	Potencia	Amperaje	$I_{breaker}$ (A)	Breaker(A)	Icu (KA)	$I_{arranque}$ (A)	$\frac{I_{arranque}}{I_{breaker . nom}}$	Dial	Icoci (A)
Panel 6 nivel 17	20	28.22	35.28	40	20	146.704	3.67	4	160
Bomba 4	50	67.95	84.94	100	20	412.686	4.13	5	500
Cargador 1	7.5	10	12.50	15	20	No aplica	No aplica	-	-
Panel Nor W	25	35.54	44.43	50	20	206.343	4.13	5	250
Panel Nor W Expl.	20	28.22	35.28	40	20	146.704	3.67	4	160
Ventilador 1	30	41.81	52.26	60	20	220.056	3.67	4	240
Cargador 2	7.5	10	12.50	15	20	No aplica	No aplica	-	-
Malacate Peñadura	10	14.63	18.29	20	20	82.537	4.13	5	100
Panel 5 ovejo 16	25	35.54	44.43	50	10	183.380	3.67	4	200
Panel 5 W nv 16	20	28.22	35.28	40	10	146.704	3.67	4	160
Panel 0 ovejo nv 16	20	28.22	35.28	40	10	146.704	3.67	4	160
Panel 7 ovejo nv 16	25	35.54	44.43	50	10	183.380	3.67	4	200
Dolores Nivel 16	20	28.22	35.28	40	10	146.704	3.67	4	160
Cubana	30	41.81	52.26	60	10	279.105	4.65	5	300
Cargador 3	7.5	10	12.50	15	10	No aplica	No aplica.	-	-
Ventilador 2	30	41.81	52.26	60	10	220.056	3.67	4	240

Tabla 22. Características de guardamotores para equipos Transformadores 1 , 2 y 3.

Equipo	Potencia HP	Iplaca. (A)	Capacidad Contactor (A).	Rango Relé (A).	Graduación
Skip	60	80	95	80 a 104	80
Bomba clavada 1	18	23	25	23 a 32	23
Bomba clavada 2	12	16	18	12 a 18	16
Bomba JC	50	63	65	63 a 80.	63
Bomba Halberg	30	39	40	37 a 50.	39
Bomba Barnes	12	16	18	12 a 18	16
Panel 0 ovejo	25	32	38	30 a40.	32
Panel 2 este	30	39	50	37 a 50.	39
Panel 0 W	25	32	38	30 a40.	32
Panel 1W	25	32	38	30 a40.	32
S/guía invasores	20	26.5	32	23 a 32	26.5
Polvorin	3	4.9	9	4 a 6.	4.9
Bloque 2 sur	20	26.5	32	23 a 32	26.5
Panel 00 ramal Sur	20	26.5	32	23 a 32	26.5
Panel colgados	30	39	50	37 a 50.	39
Bomba 3	50	63	65	63 a 80.	63
Veta 4	30	39	50	37 a 50.	39
Veta norte	25	32	38	30 a40.	32

Tabla 22. Continuación.

<i>Equipo</i>	<i>Potencia HP</i>	<i>Iplaca. (A)</i>	<i>Capacidad Contactor (A).</i>	<i>Rango Relé (A).</i>	<i>Graduación</i>
Invasores # 2	25	32	38	30 a40.	32
Diamantina	23	30.5	32	30 a40.	30.5
Panel 6 nivel 17	20	26.5	32	23 a 32	26.5
Bomba 4	50	63	65	63 a 80.	63
Cargador 1	7.5	10	No tiene.	No tiene.	No aplica.
Panel Nor W	25	32	38	30 a 40.	32
Panel Nor W exploración.	20	26.5	32	23 a 32	26.5
Ventilador 1	30	39	50	37 a 50.	39
Cargador 2	7.5	10	No tiene.	No tiene.	No aplica.
Malacate Peñadura	10	14	18	12 a 18	14
Panel 5 ovejo 16	25	32	38	30 a 40.	32
Panel 5 W nv 16	20	26.5	32	23 a 32	26.5
Panel 0 ovejo nv 16	20	26.5	32	23 a 32	26.5
Panel 7 ovejo nv 16	25	32	38	30 a 40.	32
Dolores Nivel 16	20	26.5	32	23 a 32	26.5
Cubana	30	39	50	37 a 50.	39
Cargador 3	7.5	10	No tiene.	No tiene.	No aplica.
Ventilador 2	30	39	50	37 a 50.	39

8.3 PROTECCION DEL ALIMENTADOR CONTRA CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA.

Para calcular la protección del alimentador contra cortocircuito y falla a tierra se hará según el artículo 430-62 de la NTC-2050 donde establece que la protección para el alimentador debe ser un dispositivo con una capacidad o ajuste de disparo no superior a la mayor capacidad o ajuste de disparo del dispositivo de protección del circuito ramal contra cortocircuito y falla a tierra, mas la suma de todas las demás corrientes a plena carga de los demás motores del grupo.

Es decir:

$$I_{\text{alimentador}} = I_{\text{breaker mayor}} + \sum I_{\text{Plena carga.}} \cdot (8)$$

Ilustraremos lo siguiente con 3 ejemplos:

Ejemplo 1;

Para calcular la protección del barraje número 2-T3, el cual tiene los siguientes equipos con sus respectivas cargas :

Veta 4 = 41.81 A.

Veta Norte = 35.54 A.

Bomba 4 = 67.95 A.

Entonces, para calcular el dispositivo de protección del alimentador, buscamos el día de máxima demanda (día 30 o 31) y teniendo en cuenta que el equipo con el dispositivo de protección mayor es el de la bomba 4 (100 A – ver tabla 21) procedemos a realizar el cálculo con base en la ecuación 8.

$$I_{\text{alimentador}} = I_{\text{breaker mayor}} + \sum I_{\text{Plena carga.}} \cdot (8)$$

$$I_{\text{alimentador}} = 100 + 41.81 \text{ A}$$

$$I_{\text{alimentador}} = 141.81 \text{ A}$$

Seleccionamos un dispositivo con capacidad de 150 A.

Ejemplo 2.

Calcularemos la protección para el alimentador del barraje 1, teniendo en cuenta que el su funcionamiento es continuo , los equipos que laboran con sus respectivas cargas son .

Skip = 80.5 A.

Bomba Halberg =41.81 A.

Bomba Barnes. =17.55 A.

De todos estos equipos, el dispositivo mayor corresponde al Skip (125 A – ver tabla 19).

Entonces :

$$I_{\text{alimentador}} = I_{\text{breaker mayor}} + \Sigma I_{\text{Plena carga.}}$$

$$I_{\text{alimentador}} = 125 + 41.81 + 17.55 \text{ A.}$$

$$I_{\text{alimentador}} = 184.36 \text{ A}$$

Seleccionamos un dispositivo de protección de 200 A .

Ejemplo 3.

Calcularemos la protección para el alimentador del barraje 9, el día de máxima demanda es el día 21, con las siguientes cargas:

Colgados = 41.81 A.

Panel 00 Ramal Sur = 28.22 A.

Bloque 2 Sur = 28.22 A.

Así para el barraje 9 tenemos:

$$I_{\text{alimentador}} = I_{\text{breaker mayor}} + \Sigma I_{\text{Plena carga.}}$$

Donde :

$$I_{\text{breaker mayor}} = 60 \text{ A.}$$

Por lo tanto, la corriente de protección del alimentador es :

$$I_{\text{alimentador}} = I_{\text{breaker mayor}} + \Sigma I_{\text{Plena carga.}}$$

$$I_{\text{alimentador}} = 41.81 + 28.22 + 28.22 \text{ A.}$$

$$I_{\text{alimentador}} = 130.55 \text{ A.}$$

Seleccionamos un dispositivo de protección de 150 A .

La tabla 23, muestra los dispositivos de protección para cada uno de los barrajes y los equipos utilizados para él calculo. :

Tabla 23. Cálculo de dispositivos de protección para alimentadores Transformador 1 ,Transformador 2 y Transformador 3

	$I_{\text{alim}}(\text{A}).$	Breaker (A).	Icu (KA)	Equipos
Barraje 1-T1	184.36	200	15	Todos.
Barraje 2-T1	143,89	150	15	Todos.
Barraje 3-T1	123,76	150	15	0 Ovejo,2 este, sobreguia invasores
Barraje 4-T1	50	50	15	1W
B.G.B.T.T1.	393.647	500	15	Inominal transformador.
Barraje 1-T2	141.81	150	20	Bomba 4, Veta 4.

Tabla 23. Continuación.

	$I_{alim}(A).$	Breaker (A).	I_{cu} (KA)	Equipos
Barraje 2-T2	111.87	125	20	Panel 6, Invasores 2, Diamantina.
Barraje 3-T2	123.76	125	20	Ventilador 1, Nor W, Nor W explora.
Barraje 4-T2	198.25	225	20	Bomba 3, Colgados, 00 , Bloque 2.
Barraje 5-T2	30	30	20	Peñadura, cargador 3.
B.G.B.T-T-2.	524.863	600	20	Inominal transformador.
Barraje 1-T3	50	50	10	Panel 5 ovejo, Panel 5W.
Barraje 2-T3	88.22	100	10	7 ovejo, 0 Ovejo, Cargador 2.
B.G.B.T-T-3.	295.235	300	10	Inominal transformador.

8.4 CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE CIRCUITOS RAMALES.

Según las normas internacionales de electrificación en minas, aquellos cables que alimenten equipos eléctricos cuya tensión de operación exceda los 300 V, deben ser fabricados de acuerdo a la norma NEMA WC-58 "Portable and power feeder cables for use in mines and similar applications". Las características de los cables de tipo SHD-GC, descritos en esta norma indican que estarán provistos de cinco cables, tres para las fases, uno para puesta a tierra y otro para el monitoreo de tierra.

El conductor de tierra y el conductor de monitoreo de tierra formaran un lazo de monitoreo al conectarse a la estructura de un equipo en dos puntos diferentes, de tal manera que se incluya la armadura del equipo en el lazo de monitoreo de tierra.

En este tipo de cables, el calibre mínimo para el conductor de tierra es 10 AWG, y es dos calibres menos que el conductor de la potencia, ejemplo, si el conductor de fase es un calibre 4 AWG, el conductor de tierra es un calibre 8 AWG

El calibre del verificador de tierra es 8 AWG, independiente del calibre del conductor de fase, teniendo esto los calibres de tierra y verificador de fase en los equipos serán los mostrados en la tabla 24.

Tabla 24.Conductores de tierra y verificadores de tierra para equipos transformador 1.

Equipo	Potencia HP	Conductor de fase (AWG)	Conductor de tierra (AWG)	Conductor verificador (AWG)
Skip	60	2	6	8
Bomba clavada 1	18	8	10	8
Bomba clavada 2	12	8	10	8
Bomba JC	50	2	6	8
Bomba Halberg	30	6	10	8
Bomba Barnes	12	10	10	8
Panel 0 ovejo	25	8	10	8
Panel 2 este	30	4	8	8
Panel 0 W	25	8	10	8
Panel 1W	25	8	10	8
S/guía invasores	20	8	10	8
Polvorin	3	12	10	8

Para el transformador numero dos tenemos :

Tabla 25.Conductores de tierra y verificadores de tierra para equipos transformador 2.

Equipo	Potencia HP	Calibre AWG	Conductor de tierra (AWG)	Conductor verificador (AWG)
Bloque 2 sur	20	6	10	8
Panel 00 ramal Sur	20	8	10	8
Panel colgados	30	6	10	8
Bomba 3	50	2	6	8
Veta 4	30	6	10	8
Veta norte	25	6	10	8
Invasores # 2	25	8	10	8
Diamantina	23	8	10	8
Panel 6 nivel 17	20	8	10	8
Bomba 4	50	2	6	8
Cargador 1	7.5	12	10	8

Tabla 25. Continuación.

Equipo	Potencia HP	Calibre AWG	Conductor de tierra (AWG)	Conductor verificador (AWG)
Panel Nor W	25	4	8	8
Panel Nor W exp.	20	4	8	8
Ventilador 1	30	4	8	8
Peñadura	10	10	10	8
Cargador 3	7.5	12	10	8

Para el transformador numero tres tenemos:

Tabla 26. Conductores de tierra y verificadores de tierra para equipos transformador 3.

Equipo	Potencia HP	Calibre AWG	Conductor de tierra (AWG)	Conductor verificador (AWG)
Panel 5 ovejo -16	25	8	10	8
Panel 5 W - 16	20	8	10	8
Panel 0 ovejo 16	20	8	10	8
Panel 7 ovejo -16	25	8	10	8
Dolores Nivel 16	20	8	10	8
Cubana	30	6	10	8
Cargador 2	7.5	8	10	8
Ventilador 2	30	6	10	8

8.5 CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA Y VERIFICADOR DE TIERRA PARA ALIMENTADORES.

Para la elección del conductor de tierra que sale de cada uno de los transformadores a cada uno de los barrajes, se utilizara el criterio que el conductor de tierra será la tercera parte del conductor de fase ,conductor con aislamiento THN y el verificador de tierra a cada uno de dichos barrajes será calibre 4 AWG aislamiento THN ; esto con el fin de crear el lazo necesario para la verificación del circuito de tierra.

Tabla 27. Conductor y verificador de tierra para alimentadores.

	Conductor Fase	Conductor Tierra.	Verificador Tierra.
Barraje 1-T1	2/0	6	4
Barraje 2-T1	250	4	4
Barraje 3-T1	500	1	4
Barraje 4-T1	2/0	6	4
B.G.B.T.T1.	500	1	4
Barraje 1-T2	4/0	4	4
Barraje 2-T2	1000	2/0	4
Barraje 3-T2	500	1	4
Barraje 4-T2	350	2	4
Barraje 5-T2	2/0	6	4
B.G.B.T.T-2.	1000	2/0	4
Barraje 1-T3	8	10	4
Barraje 2-T3	500	1	4
B.G.B.T.T-3.	350	2	4

9. DIMENSIONAMIENTO DE LOS BARRAJES.

9.1 BARRAJES TRANSFORMADOR 1.

9.1.1 Barraje 1- T1.

El barraje 1, manejará la siguiente carga:

Tabla 28.Carga Barraje 1-T1.

EQUIPO	CARGA (A)
Skip.	80.5
Bomba Halberg	41.81
Bomba Barnes.	17.55
<i>Total</i>	<i>139.86</i>

Se selecciona un barraje compuesto por barras de cobre electrolítico con una densidad de carga de $2 \frac{\text{Amp}}{\text{mm}^2}$ de $\frac{3}{16} * \frac{3}{4}$ pulgadas, con un área exacta de 89.3 mm^2 y que maneja una corriente de 179 A.

9.1.2 Barraje 2- T1.

Tiene la siguiente carga:

Tabla 29.Carga Barraje 2-T1.

EQUIPO	CARGA (A)
Bomba JC.	67.95
Bomba Clavada 1.	26,34
Bomba Clavada 2.	17,55
<i>Total</i>	<i>111.84</i>

Se selecciona un barraje compuesto por barras de cobre electrolítico con una densidad de carga de $2 \frac{Amp}{mm^2}$ de $\frac{1}{8} * \frac{3}{4}$ pulgadas, con un área exacta de 59.3 mm^2 y que maneja una corriente de 119 A.

9.1.3 Barraje 3- T1-

El barraje 3, soportará la siguiente carga:

Tabla 30.Carga Barraje 3-T1.

EQUIPO	CARGA (A)
Panel 2 Este	41.81
Panel 0 Ovejo	35.54
Sobreguia Invasores	28.22
<i>Total</i>	<i>105.57</i>

Se selecciona un barraje compuesto por barras de cobre electrolítico con una densidad de carga de $2 \frac{Amp}{mm^2}$ de $\frac{1}{8} * \frac{3}{4}$ pulgadas, con un área exacta de 59.3 mm^2 y que maneja una corriente de 119 A.

9.1.4 Barraje 4-T1.

El barraje 4, soportará la siguiente carga:

Tabla 31.Carga Barraje 4-T1.

EQUIPO	CARGA (A)
Panel 0W.	35.54
Panel 1W	35.54
<i>Total</i>	<i>71.08</i>

Se selecciona un barraje compuesto por barras de cobre electrolítico con una densidad de carga de $2 \frac{Amp}{mm^2}$ de $\frac{1}{8} * \frac{1}{2}$ pulgadas, con un área exacta de 39.5 mm^2 y que maneja una corriente de 79 A.

9.1..5 Barraje General de Baja Tensión T1..

Este barraje es el principal del transformador número 1, la carga que maneja es la siguiente:

Tabla 32. Carga B.G.B.T-T1.

EQUIPO	CARGA (A)
Barraje 1-T1.	139.86
Barraje 2-T1.	111.84
Barraje 3-T1	105.57
Barraje 4-T1.	71.08
Polvorín.	5.01
Banco condensadores.	104.98
<i>Total</i>	<i>538.34</i>

Se selecciona un barraje compuesto por barras de cobre electrolítico con una densidad de carga de $2 \frac{Amp}{mm}$ de $\frac{1}{4} * 2$ pulgadas, con un área exacta de 320 mm^2 y que maneja una corriente de 640 A.

9.2 BARRAJES TRANSFORMADOR 2.

9.2.1 Barraje 1-T2.

Con una carga de :

Tabla 33. Carga Barraje 1-T2.

EQUIPO	CARGA (A).
Panel Veta 4	41.81
Panel Veta Norte.	35.54
Bomba 4.	67.95
<i>Total</i>	<i>145.3</i>

Se selecciona un barraje compuesto por barras de cobre electrolítico con una densidad de carga de $2 \frac{\text{Amp}}{\text{mm}}$ de $\frac{1}{8} * 1$ pulgadas, con un área exacta de 78.7 mm^2 y que soporta una corriente de 157 A.

9.2.2 Barraje 2-T2.

El barraje 7, tiene una carga de :

Tabla 34. Carga Barraje 2-T2.

EQUIPO	CARGA (A).
Panel Invasores 2.	35.54
Diamantina.	33.65
Panel 6 ovejo.	28.22
<i>Total</i>	<i>97.41</i>

Se selecciona un barraje compuesto por barras de cobre electrolítico con una densidad de carga de $2 \frac{\text{Amp}}{\text{mm}^2}$ de $\frac{1}{8} * \frac{3}{4}$ pulgadas, con un área exacta de 59.3 mm^2 y que maneja una corriente de 119 A.

9.2.3 Barraje 3-T2.

Este barraje posee una carga de :

Tabla 35. Carga Barraje 3-T2.

.EQUIPO	CARGA (A)
Ventilador 1.	41.81
Panel Nor W Exploración.	28.22
Panel Nor W.	35.54
<i>Total</i>	<i>105.57</i>

Se selecciona un barraje compuesto por barras de cobre electrolítico con una densidad de carga de $2 \frac{\text{Amp}}{\text{mm}}$ de $\frac{1}{8} * \frac{3}{4}$ pulgadas, con un área exacta de 59.3 mm^2 y que maneja una corriente de 119 A.

9.2.4. Barraje 4-T2.

.Este barraje posee la siguiente carga, mostrada en la tabla 30.

Tabla 36.Carga Barraje 4-T2..

EQUIPO	CARGA (A)
Panel B2 Sur	28.22
Bomba 3	67.95
Panel 00 Ramal Sur.	28.22
Panel Colgados.	41.81
<i>Total</i>	166.22

Se selecciona un barraje compuesto por barras de cobre electrolítico con una densidad de carga de $2 \frac{Amp}{mm^2}$ de $\frac{3}{16} * \frac{3}{4}$ pulgadas, con un área exacta de 89.3 mm^2 y que maneja una corriente de 179 A.

9.2.5 Barraje 5-T2.

La carga que maneja este barraje es de :

Tabla 37.Carga Barraje 5-T2.

EQUIPO	CARGA(A)
Cargador # 2	10
Peñadura.	14.63
<i>Total</i>	24.63

Se selecciona un barraje compuesto por barras de cobre electrolítico con una densidad de carga de $2 \frac{Amp}{mm^2}$ de $\frac{1}{8} * \frac{1}{2}$ pulgadas, con un área exacta de 39.5 mm^2 y que maneja una corriente de 79 A.

9.2.6 Barraje General de Baja Tensión Transformador 2.

El barraje general de baja tensión, soportará la siguiente carga:

Tabla 38.Carga B.G.B.T-T2.

EQUIPO	CARGA (A)
Barraje 1-T2	145.3
Barraje 2-T2.	97.41
Barraje 3-T2	105.57
Barraje 4-T2.	166.2
Barraje 5-T2.	24.63
Banco condensadores.	131.22
<i>Total.</i>	<i>670.33</i>

Se selecciona un barraje compuesto por barras de cobre electrolítico con una densidad de carga de $2 \frac{Amp}{mm}$ de $\frac{3}{8} * 1 \frac{1}{2}$ pulgadas, con un área exacta de 361 mm^2 y que maneja una corriente de 722 A.

9.3 BARRAJES TRANSFORMADOR 3.

9.3.1 . Barraje 1-T3.

Tabla 39.Carga Barraje 1-T3.

EQUIPO	CARGA (A)
Panel 5 Ovejo.	35.54
Panel 5W	28.22
<i>Total</i>	<i>70.03</i>

Se selecciona un barraje compuesto por barras de cobre electrolítico con una densidad de carga de $2 \frac{Amp}{mm^2}$ de $\frac{1}{8} * \frac{1}{2}$ pulgadas, con un área exacta de 39.5 mm^2 y que maneja una corriente de 79 A.

9.3.2 . Barraje 2-T3.

La carga que maneja este barraje es de :

Tabla 40.Carga Barraje 2-T3.

EQUIPO	CARGA (A)
Panel Cubana.	41.81
Panel Dolores Bocamina	28.22
Cargador 2	10
Panel 7 ovejo	35.54
Panel 0 Ovejo.	28.22
<i>Total</i>	<i>143.79</i>

Se selecciona un barraje compuesto por barras de cobre electrolítico con una densidad de carga de $2 \frac{Amp}{mm}$ de $\frac{1}{4} * \frac{1}{2}$ pulgadas, con un área exacta de 80 mm^2 y que maneja una corriente de 160 A.

9.3.3 Barraje General baja tensión...

El barraje, soportará la siguiente carga:

Tabla 41.Carga Barraje General baja tensión..

EQUIPO	CARGA (A)
Barraje 1-T3	70.03
Barraje 2-T3	143.79
Banco condensadores.	65.61
<i>Total.</i>	<i>279.43</i>

Se selecciona un barraje compuesto por barras de cobre electrolítico con una densidad de carga de $2 \frac{Amp}{mm}$ de $\frac{1}{4} * 1$ pulgadas, con un área exacta de 159.7 mm^2 y que soporta una corriente de 319 A.

10. CALCULO DE POTENCIA DE LOS TRANSFORMADORES.

Para el cálculo de la potencia de los transformadores, se suman los kVA de cada uno de los motores de los equipos así:

10.1 TRANSFORMADOR 1.

Tabla 42. Potencia Transformador 1.

Equipo	Amperaje (A)	Potencia (KVA)
Skip	80.5	61.35
Bomba clavada 1	26.34	20.07
Bomba clavada 2	17.55	13.37
Bomba JC	67.95	51.78
Bomba Halberg	41.81	31.86
Bomba Barnes	17.55	13.37
Panel 0 ovejo	35.54	27.08
Panel 2 este	41.81	31.86
Panel 0 W	35.54	27.08
Panel 1W	35.54	27.08
S/guía invasores	28.22	21.51
Polvorin	5.01	3.82
Total	433.36	330.255

10.2 TRANSFORMADOR 2.

Para el transformador número 2 :

Tabla 43. Potencia Transformador 2.

Equipo	Amperaje	Potencia KVA
Bloque 2 sur	28.22	21.51
Panel 00 ramal Sur	28.22	21.51
Panel colgados	41.81	31.86
Bomba 3	67.95	51.78
Veta 4	41.81	31.86
Veta norte	35.54	27.08
Invasores # 2	35.54	27.08
Diamantina	33.65	25.64
Panel 6 nivel 17	28.22	21.51
Bomba 4	67.95	51.78
Cargador 1	10	7.62
Panel Nor W	35.54	27.08
Panel Nor W exploración.	28.22	21.51
Ventilador 1	41.81	31.86
Malacate Peñadura	14.63	11.15
Cargador 3	10	7.62
Total	<i>549.11</i>	<i>418.45</i>

10.3 TRANSFORMADOR 3.

Para el transformador número 3 la potencia es:

Tabla 44. Potencia Transformador 3.

Equipo	Amperaje	Potencia KVA
Panel 5 ovejo 16	35.54	27.08
Panel 5 W nv 16	28.22	21.51
Panel 0 ovejo nv 16	28.22	21.51
Panel 7 ovejo nv 16	35.54	27.08
Dolores Nivel 16	28.22	21.51

Tabla 44.Continuación.

Equipo	Amperaje	Potencia KVA
Cubana	41.81	31.86
Cargador 3	10	7.62
Ventilador 2	41.81	31.86
Total	<i>249.36</i>	<i>190.032</i>

11. SELECCIÓN TRANSFORMADORES.

11.1. TRANSFORMADOR 1.

Para este transformador se tienen los siguientes datos, para un factor de potencia de 0.8.

Potencia aparente: 330.255 kVA. :

Potencia activa = 264.204 kW.

Potencia Reactiva = 198.153 kVAR.

Entonces, para mejorar el factor de potencia, acercándolo lo más posible a 0.9, incluimos un banco de condensadores de 80 kVAR.

$$\text{kVAR}_{\text{TRAM}} = 198.153 - 80.$$

$$\text{kVAR}_{\text{TRAM}} = 118.153.$$

Entonces, el nuevo factor de potencia es :

$$\text{Tan}^{-1} \theta = \frac{118.153}{264.204}$$

$$\theta = 24.09^\circ$$

Y el nuevo factor de potencia es :

$$\text{FP} = \text{COS } \theta$$

$$\text{FP} = \text{COS } 24.09$$

$$\text{FP} = 0.9128.$$

De aquí se obtiene la potencia del transformador.

$$S_{\text{TF1}} = \sqrt{\text{ACTIVA}^2 + \text{REACTIVA}^2}$$

$$S_{\text{TF1}} = \sqrt{264.202^2 + 118.153^2}$$

$$S_{\text{TF1}} = 289.42 \text{ kVA.}$$

Por lo que se elige para el transformador 1, un transformador de 300 kVA. :

Serie : 15 kV.

Grupo de conexión . Dy5n.

Tensión primaria : 13200 v.

Regulación de voltaje: $\pm 2 * 2.5 \%$

11.1.1 Cálculo de la relación de transformación.

La relación de transformación se calculará de la siguiente manera:

$$V_{SO} = V_{SN} * \left(\frac{100 + U_z + \delta}{100} \right)$$

Donde :

V_{SO} = Voltaje Secundario en vacío.

V_{SN} = Voltaje Secundario Nominal (440 V).

U_z = Caída de tensión en vacío.

δ = Regulación de voltaje (5%).

$$V_{SO} = 440 * \left(\frac{100 + 4 + 5}{100} \right)$$

$$V_{SO} = 479.6 \text{ V}$$

Es decir, el voltaje en vacío del secundario será de 480 V, con respecto a neutro 277 V.

Entonces la relación de transformación para el transformador 1 es : 13200/480-277 V.

11.2 TRANSFORMADOR 2.

Para el transformador 2 tenemos:

Potencia activa = 334.773 kW.

Potencia Reactiva = 251.079 kVAR.

FP = 0.8.

Banco de Condensadores = 100 kVAR.

Utilizando el mismo procedimiento, se calcula la nueva potencia y el nuevo factor de potencia de este transformador si se le incluye el banco de condensadores de 100 kVAR, se obtienen los siguientes datos:

$$\theta = 24.28^\circ$$

$$FP = 0.91148.$$

Potencia = 367.284 KVA.

Seleccionamos un transformador de 400 kVA.

Serie : 15 kV.

Grupo de conexión . Dy5n.

Tensión primaria : 13200 v.

Tensión secundaria :480/277 voltios.

Regulación de voltaje: $\pm 2 * 2.5 \%$

11.3 TRANSFORMADOR 3.

Para el transformador 3 tenemos:

Potencia activa = 152.026 kW.

Potencia Reactiva = 114.019 kVAR.

FP = 0.8.

Banco de Condensadores = 50 kVAR.

Utilizando el procedimiento utilizado en el cálculo de los 2 transformadores anteriores, se calcula la nueva potencia y el nuevo factor de potencia de este transformador si se le incluye el banco de condensadores, obteniendo los siguientes datos:

$\theta = 22.83^\circ$

FP = 0.92162.

Potencia = 164.956 kVA.

Se selecciona un transformador de 225 kVA.

Serie : 15 kV.

Grupo de conexión . Dy5n.

Tensión primaria : 13200 v.

Regulación de voltaje: $\pm 2 * 2.5 \%$

11.3.1 Cálculo de la relación de transformación.

La relación de transformación se calculará de la siguiente manera:

$$V_{SO} = V_{SN} * \left(\frac{100 + U_Z + \delta}{100} \right)$$

Donde :

V_{SO} = Voltaje Secundario en vacío.

V_{SN} = Voltaje Secundario Nominal (440 V).

U_z = Caída de tensión en vacío.

δ = Regulación de voltaje (5%).

$$V_{so} = 440 * \left(\frac{100 + 3 + 5}{100} \right)$$

$$V_{so} = 475.2 \text{ V}$$

Es decir, el voltaje en vacío del secundario será de 480 V, con respecto a neutro 277 V.

Entonces la relación de transformación para el transformador 1 es : 13200/480-277 V.

12. CALCULO DE PROTECCIONES PARA TRANSFORMADOR NUMERO 1.

12.1. PARARRAYOS

Para el cálculo del pararrayos, se considera la red, la cual es del tipo línea trifásica con neutro puesto a tierra en varios sitios..

Según este tipo de red el cálculo del pararrayos es el siguiente:

$$U_{\text{pararrayos}} = K_{\text{red}} * U_{LL}$$
$$U_{\text{pararrayos}} = 0.75 * 13.2 \text{ kV.}$$
$$U_{\text{pararrayos}} = 9.9 \text{ kV.}$$

Según tablas se selecciona un pararrayos de 10 kV, MCOV de 8.4 kV y 20 kA.

12.2 PROTECCION PRIMARIA.

$$I_{\text{primario}} = \frac{S_N}{\sqrt{3}V_{LP}} = \frac{300 \text{ KvA}}{\sqrt{3} * 13.2 \text{ Kv}} = 13.12 \text{ A.}$$

Seleccionar un fusible de hilo tipo h de 15 A,

12.2.1 Seccionador bajo carga.

Según tablas, para un transformador de 300 kVA, se elige un fusible tipo HH con selectividad de 63 A, 17.5 kV y 630 A (capacidad de las cuchillas)

12.3 PROTECCION SECUNDARIA

$$I_{\text{secundario}} = \frac{S_N}{\sqrt{3}V_{LS}}$$
$$I_{\text{secundario}} = \frac{300 \text{ KvA}}{\sqrt{3} * 440 \text{ v}}$$
$$I_{\text{secundario}} = 433.01 \text{ A}$$

Entonces, la protección del secundario será :

$$I_{PS} = 1.25 * I_{\text{secundario}}$$
$$I_{PS} = 1.25 * 433.01 \text{ A.}$$

$$I_{PS} = 541.27 \text{ A.}$$

12.3.1 Capacidad de cortocircuito.

Se halla la corriente de cortocircuito :

$$I_K = \frac{100I_{SEC}}{U_Z} = \frac{100 * 433.01}{4}$$

$$I_K = 10.825 \text{ kA.}$$

Se selecciona un dispositivo de 3*500 A y capacidad de cortocircuito de 15 kA a 480 V.

13. CALCULO DE PROTECCIONES PARA TRANSFORMADOR NUMERO 2.

13.1. PARARRAYOS

Para el cálculo del pararrayos, se considera la red que es del tipo línea trifásica con neutro puesto a tierra en varios sitios..

Según este tipo de red el cálculo del pararrayos es el siguiente:

$$U_{\text{pararrayos}} = K_{\text{red}} * U_{LL}$$

$$U_{\text{pararrayos}} = 0.75 * 13.2 \text{ kV.}$$

$$U_{\text{pararrayos}} = 9.9 \text{ kV.}$$

Según tablas se selecciona un pararrayos de 10 kV, MCOV de 8.4 kV y 20 kA.

13..2 PROTECCION PRIMARIA.

$$I_{\text{primario}} = \frac{S_N}{\sqrt{3}V_{LP}} = \frac{400 \text{ KvA}}{\sqrt{3} * 13.2 \text{ Kv}} = 17.49 \text{ A.}$$

Se elige un fusible de hilo tipo h de 25 A,

13..2.1 Seccionador bajo carga.

Según tablas, para un transformador de 400 kVA, se selecciona un fusible tipo HH con selectividad de 100 A, 17.5 kV y 630 A.

13.3 PROTECCION SECUNDARIA

$$I_{\text{secundario}} = \frac{S_N}{\sqrt{3}V_{LS}} .$$

$$I_{\text{secundario}} = \frac{400 \text{ KvA}}{\sqrt{3} * 440 \text{ v}} .$$

$$I_{\text{secundario}} = 524.87 \text{ A.}$$

Entonces, la protección del secundario será :

$$I_{PS} = 1.25 * I_{\text{secundario}}$$

$$I_{PS} = 1.25 * 524.87 \text{ A.}$$

$$I_{PS} = 656.07 \text{ A.}$$

13.3.1 Capacidad de cortocircuito

$$I_K = \frac{100I_s}{U_z} = \frac{100 * 524.87}{3}$$

$$I_K = 17.495 \text{ kA.}$$

Selecciono un dispositivo de 3*600 A y capacidad de cortocircuito de 20 kA a 480 V

14. CALCULO DE PROTECCIONES PARA TRANSFORMADOR NUMERO 3.

14.1 PARARRAYOS.

Para el cálculo del pararrayos, se considera el tipo de red la cual es línea trifásica con neutro puesto a tierra en varios sitios.

Según este tipo de red el cálculo del pararrayos es el siguiente :

$$\begin{aligned}U_{\text{pararrayos}} &= K_{\text{red}} * U_{LL} \\U_{\text{pararrayos}} &= 0.75 * 13.2 \text{ kV}. \\U_{\text{pararrayos}} &= 9.9 \text{ kV}.\end{aligned}$$

Según tablas seleccionamos un pararrayos de 10 kV, MCOV de 8.4 kV y 20 kA.

14.2 PROTECCIÓN PRIMARIA :

$$I_{\text{primario}} = \frac{S_N}{\sqrt{3}V_{LP}} = \frac{225 \text{ KVA}}{\sqrt{3} * 13.2 \text{ Kv}} = 9.84 \text{ A}.$$

Se selecciona un fusible de hilo tipo h de 10 A,

14.2.1 Seccionador bajo carga

Según tablas, para un transformador de 300 kVA, seleccionamos un fusible tipo HH con selectividad de 63 A, 17.5 kV y 630 A (capacidad de las cuchillas)

14.3 PROTECCION SECUNDARIA.

$$\begin{aligned}I_{\text{secundario}} &= \frac{S_N}{\sqrt{3}V_{LS}}. \\I_{\text{secundario}} &= \frac{225 \text{ KVA}}{\sqrt{3} * 440 \text{ v}}. \\I_{\text{secundario}} &= 295.23 \text{ A}\end{aligned}$$

14.3.1 Capacidad de cortocircuito.

$$I_K = \frac{100I_S}{U_Z} = \frac{100 * 295.23}{3}$$

$$I_k=9.841 \text{ kA.}$$

Selecciono un dispositivo de 3*300 A y capacidad de cortocircuito de 10 kA a 480 V.

15 CONDUCTOR Y PROTECCION PARA BANCOS DE CONDENSADORES.

Los bancos de condensadores para cada uno de los transformadores, estarán ubicado en el barraje principal de cada uno de ellos.

Cada uno de los bancos de condensadores llevará un controlador electrónico que regulará escalonadamente los KVAR necesarios para mantener un factor de potencia mínimo de 0.9.

Para los bancos de condensadores según la NTC 2050, el conductor debe estar dimensionado para un 135 % de la corriente nominal.

El dispositivo de protección se debe seleccionar de manera que su capacidad de corriente sea la más cercana a la corriente nominal del banco.

15.1 BANCO DE CONDENSADORES TRANSFORMADOR 1.

La corriente nominal del banco de condensadores es:

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} * 440} A.$$
$$I_B = \frac{80kVAR}{\sqrt{3} * 440V}$$
$$I_B = 104.98 A$$

Entonces la corriente del conductor es :

$$I_{CON} = 1.35 * 104.98$$
$$I_{CON} = 141.72 A$$

Se elige un conductor calibre 1/0 AWG aislamiento THW, con una capacidad de corriente de 150 A .

El dispositivo de protección de los condensadores será un breaker tripolar con una regulación térmica lo mas cercana posible a la corriente nominal del banco de condensadores

Se selecciona un breaker tripolar de 125 A.

15.2 BANCO DE CONDENSADORES TRANSFORMADOR 2.

Para este transformador el calculo es el siguiente:

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} * 440} A.$$
$$I_B = \frac{100kVAR}{\sqrt{3} * 440V}$$
$$I_B = 131.22 A$$

Entonces, el conductor debe ser :

$$I_{CON} = 1.35 * 131.22 \text{ A}$$

$$I_{CON} = 177.14 \text{ A.}$$

Se selecciona el conductor calibre 3/0 AWG aislamiento THW, con una capacidad de corriente de 200 A.

Para la protección, se elige un breaker tripolar de 150 A.

15.3 BANCO DE CONDENSADORES TRANSFORMADOR 3.

Se calcula la corriente nominal del banco.

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} * 440} \text{ A.}$$

$$I_B = \frac{50 \text{KvAR}}{\sqrt{3} * 440 \text{V}}$$

$$I_B = 65.61 \text{ A}$$

Se obtiene la capacidad de corriente del alimentador.

$$I_{CON} = 1.35 * 65.61 \text{ A}$$

$$I_{CON} = 88.57 \text{ A.}$$

Seleccionamos el conductor calibre 2 AWG aislamiento THW, con una capacidad de corriente de 115 A .

Para la protección, elegimos un breaker tripolar de 100 A.

16.ACOMETIDA DE MEDIA TENSIÓN.

Las acometidas de media tensión serán realizadas para cada uno de los transformadores así:

16.1. TRANSFORMADOR 1.

Por quedar este transformador ubicado dentro de la mina, el tipo de cable para transmitir los 13.2 KV será cable seco XLPE, la distancia del transformador 1 a la fuente será de 250 metros y la corriente nominal será de 17.49 A.

Utilizando la ecuación 2.

$$K_g = \frac{\delta * V_{l_g}}{F_s \sqrt{3} * I_L * l * 10^{-3}}$$

$$K_g = \frac{5 * 13200}{1\sqrt{3} * 13.12 * 250 * 10^{-3}}$$

$$K_g = 11619.7$$

Se elige un conductor calibre 2 XLPE, para una regulación de 0.028 %.

16.2. TRANSFORMADOR 2.

Este transformador quedará ubicado dentro de la mina en el nivel 17, se alimentará por la bocamina del mismo nivel, el tipo de cable para transmitir los 13.2 KV será cable seco XLPE, la distancia del transformador 1 a la fuente será de 875 metros y la corriente nominal será de 17.49 A.

Utilizando la ecuación 2.

$$K_g = \frac{\delta * V_{l_g}}{F_s \sqrt{3} * I_L * l * 10^{-3}}$$

$$K_g = \frac{5 * 13200}{1\sqrt{3} * 17.59 * 975 * 10^{-3}}$$

$$K_g = 2221.8403$$

Se elige un conductor calibre 2 XLPE, para una regulación de 0.123 %.

16.3 TRANSFORMADOR 3.

El transformador 3, por quedar ubicado en superficie puede ser alimentado por vía aérea, estará ubicado a una distancia de 350 metros y la corriente nominal será de 9.84 A.

Utilizando la ecuación 2 obtenemos:

$$K_g = \frac{5 * 13200}{F_s \sqrt{3} * 9.84 * 350 * 10^{-3}}$$

$$K_g = 11064.01$$

Cualquier valor de K_g por debajo de este nos sirve, Se elige un cable de ACSR desnudo de Media tensión Calibre 4 AWG, el cual es permitido por la CHEC para este tipo de funciones.

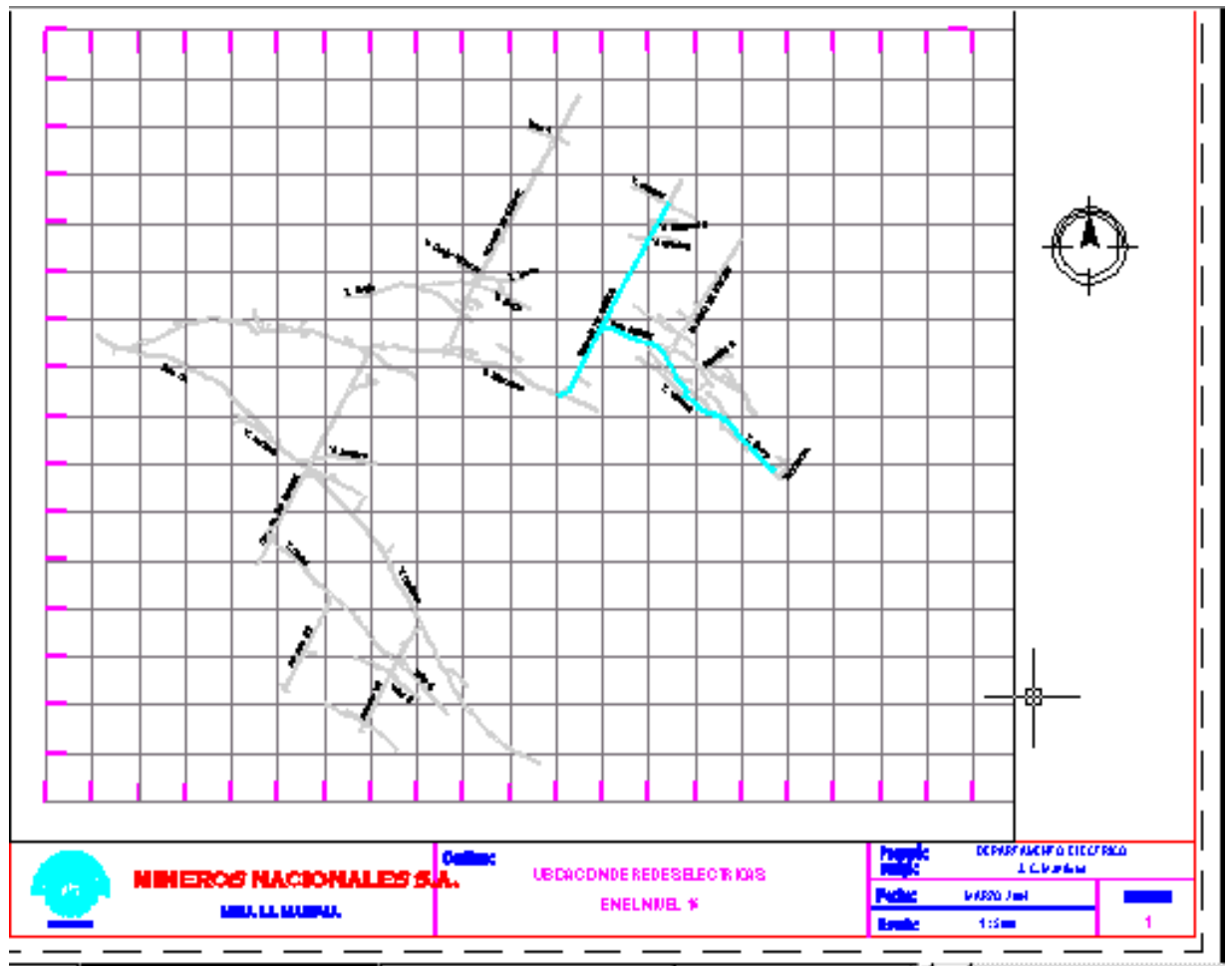
17.UBICACIÓN REDES ELECTRICAS MINA.

Las figuras 11, 12, 13 , 14, 16 Y 17 muestran la ubicación de las redes eléctricas del diseño en la mina..

17.1 UBICACIÓN REDES DE BAJA TENSIÓN NIVEL 16.

La red se encuentra en color azul.

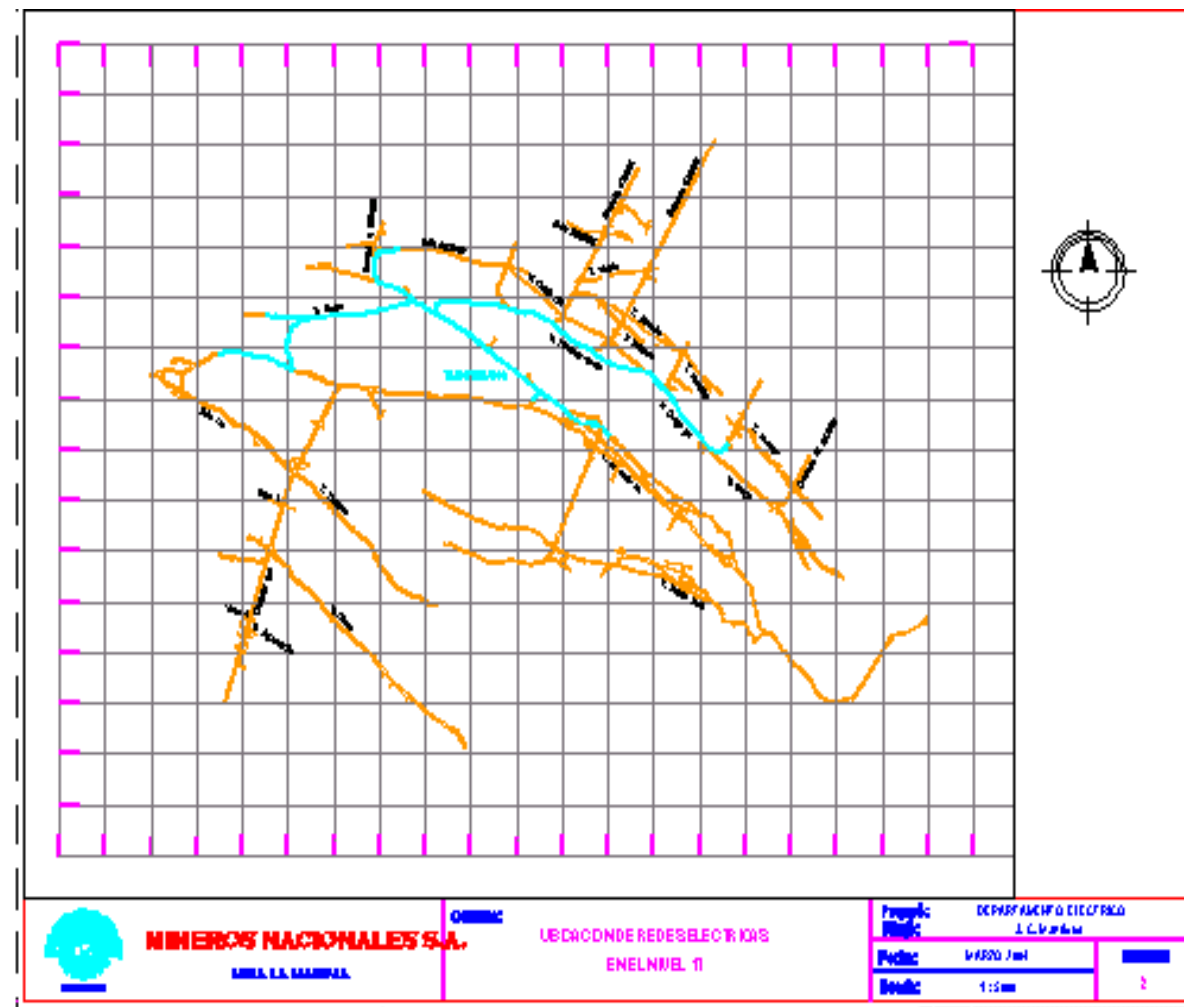
Figura 12.Ubicación de redes eléctricas en el nivel 16



17.2 UBICACIÓN REDES DE BAJA TENSIÓN NIVEL 17

La ubicación de la red se encuentra en color azul.

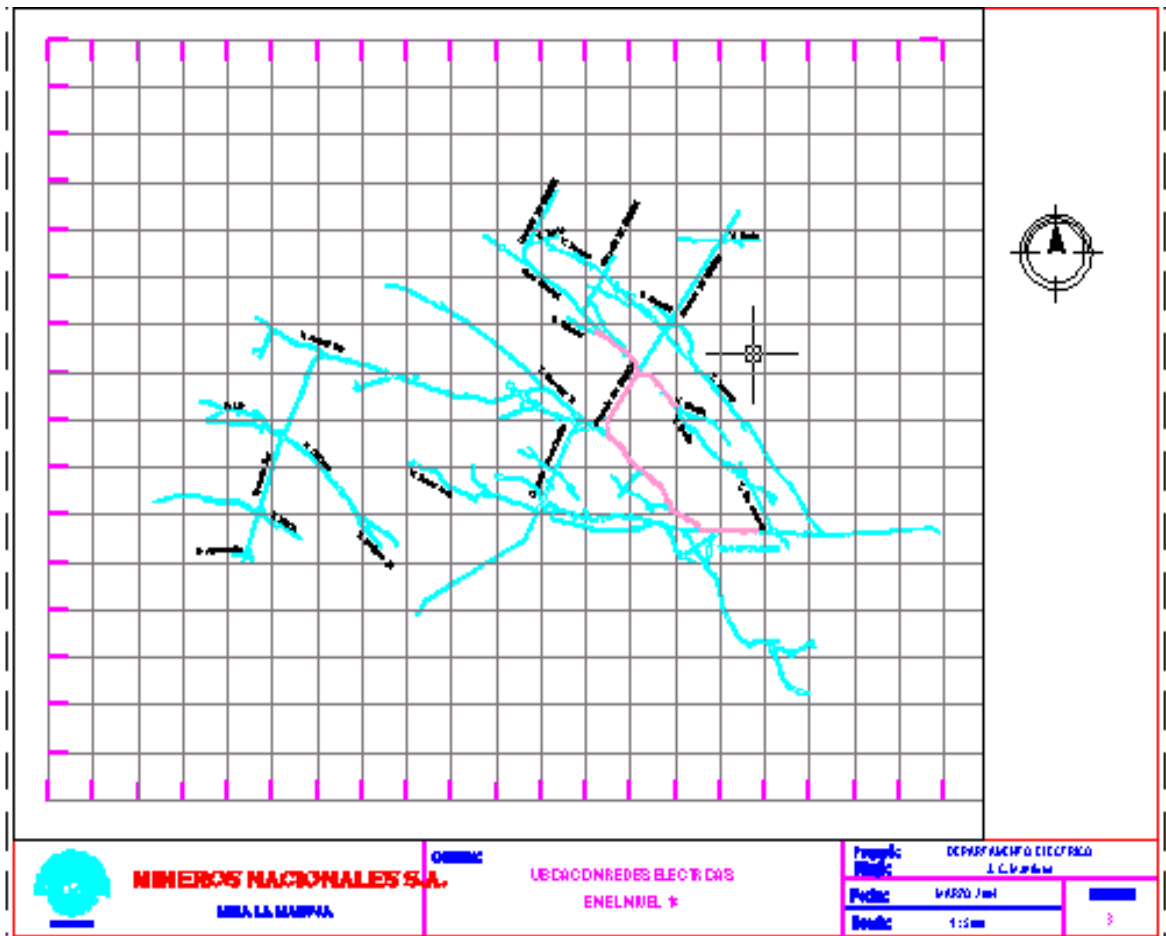
Figura 13. Ubicación de redes eléctricas en el nivel 17.



17.3 UBICACIÓN REDES DE BAJA TENSIÓN NIVEL 18

La red se muestra en color morado.

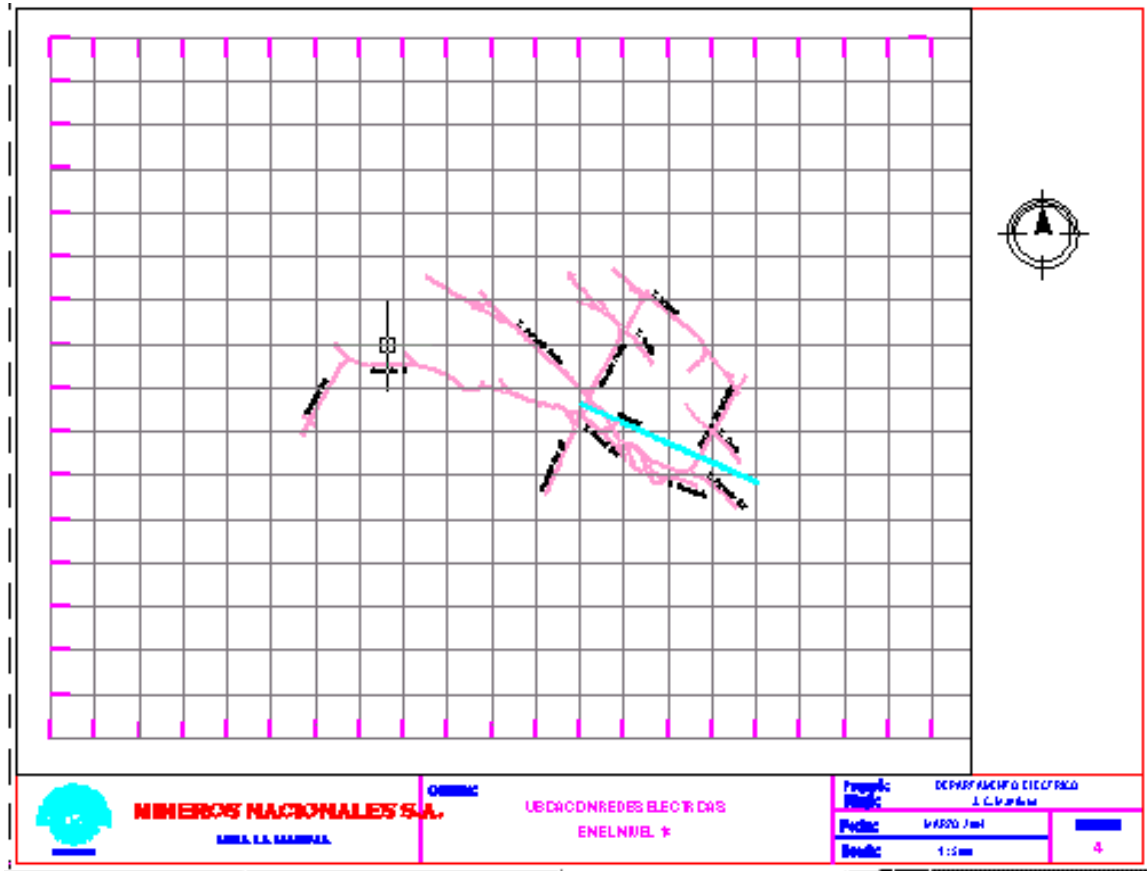
Figura 14. Ubicación de redes eléctricas en el nivel 18.



17.4 UBICACIÓN REDES DE BAJA TENSIÓN NIVEL 19

La red se encuentra en color azul.

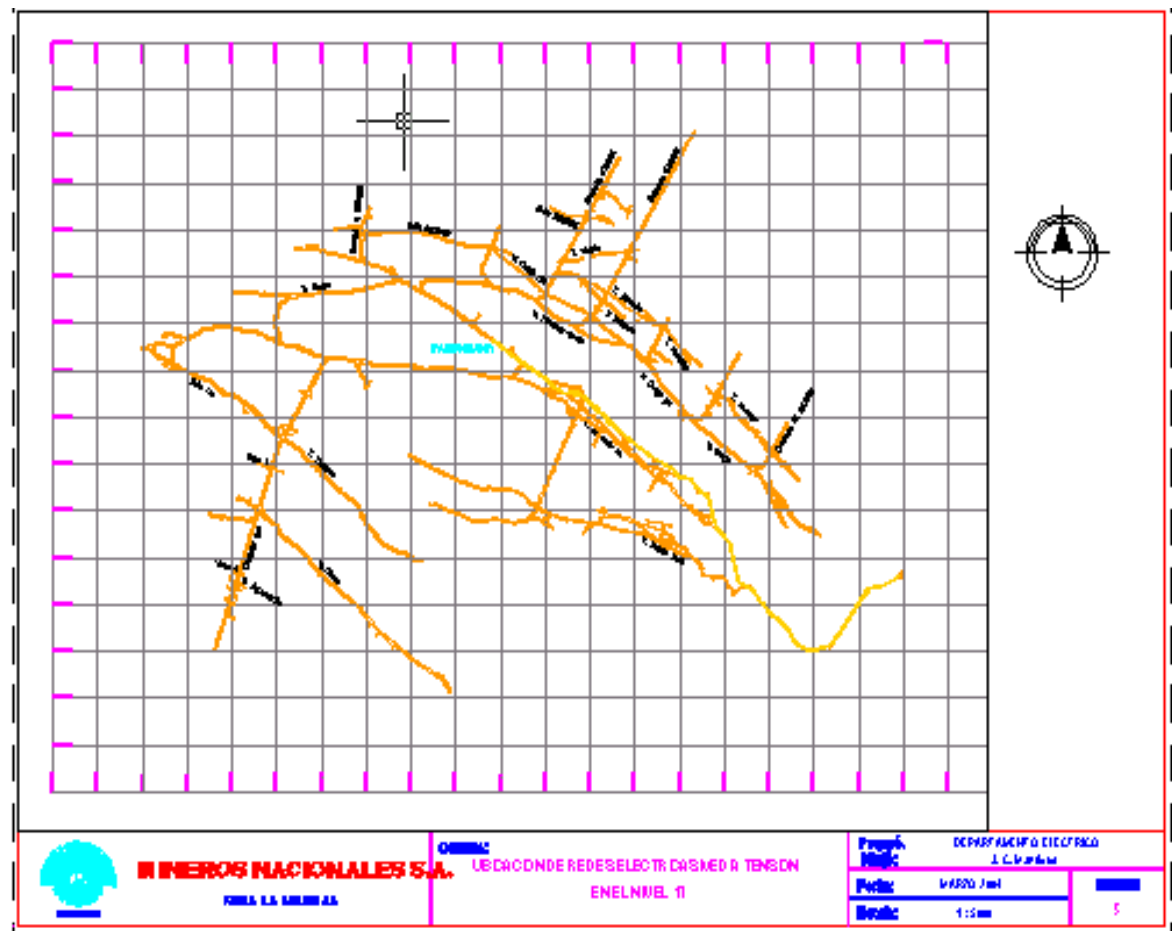
Figura 15. Ubicación de redes eléctricas en el nivel 19.



17.5 UBICACIÓN REDES DE MEDIA TENSIÓN NIVEL 17.

La red de media tensión se encuentra en color amarillo.

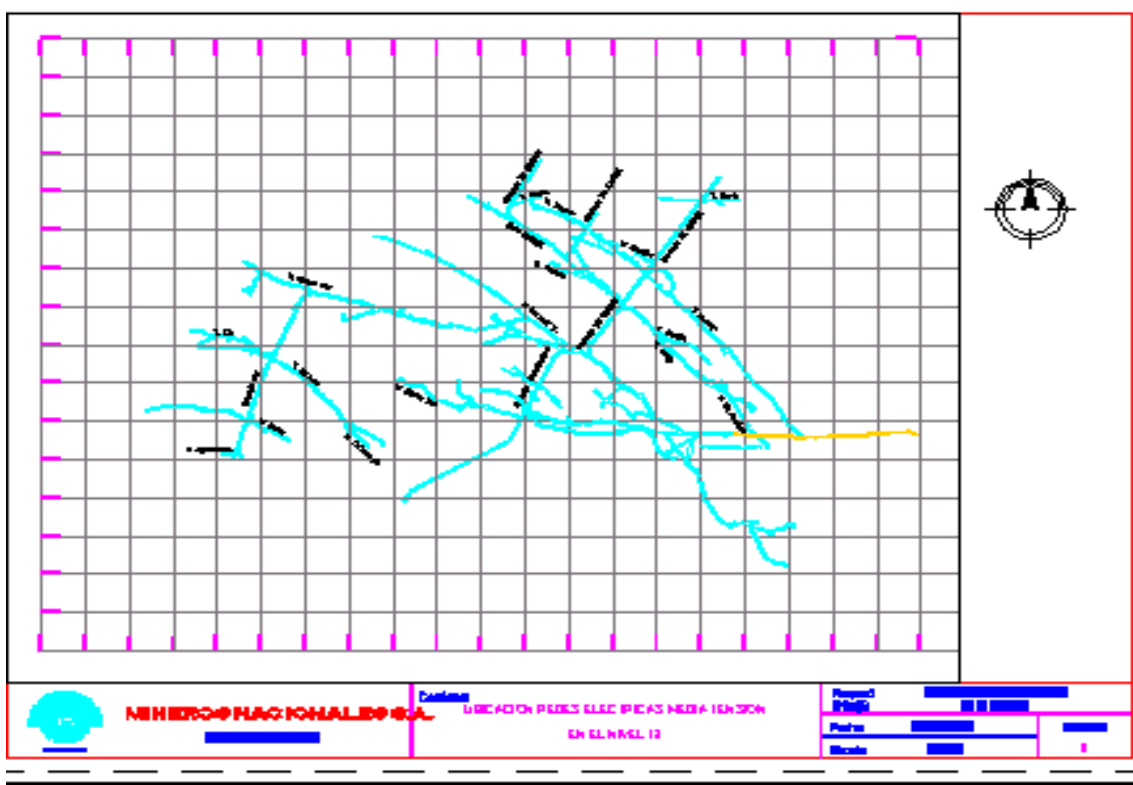
Figura 16.Ubicación de redes eléctricas en el nivel 17.



17.6 UBICACIÓN REDES DE MEDIA TENSIÓN NIVEL 17.

La red de media tensión se encuentra en color amarillo.

Figura 17.Ubicación de redes eléctricas en el nivel 17.



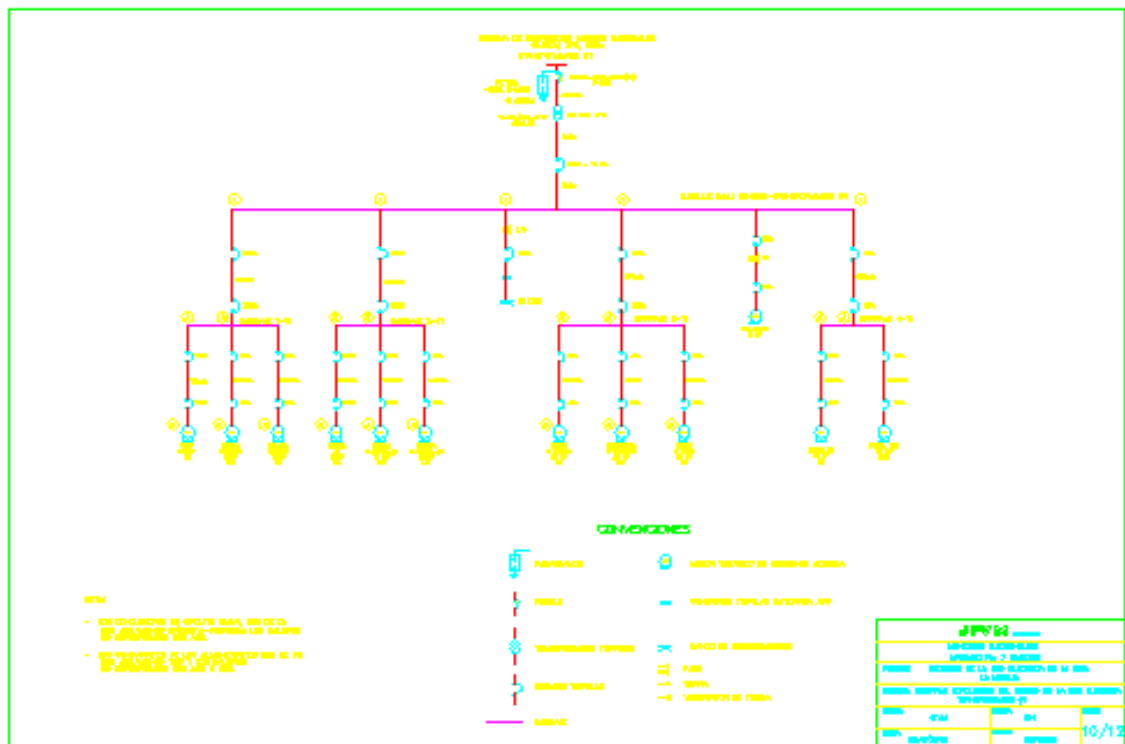
18. DIAGRAMAS UNIFILARES.

Los diagramas unifilares se pueden ver en el archivo. Diagramas unifilares tesis la maruja .dwg. Para abrir dichos archivos se necesita tener el software de AUTOCAD 2000.

18.1 DIAGRAMA UNIFILAR TRANSFORMADOR 1.

La figura 18, muestra el diagrama unifilar del transformador 1.

Figura 18. Diagrama unifilar transformador 1.



19. COSTOS GENERALES DEL PROYECTO.

Para calcular los costos generales del proyecto, se realizó un inventario de todos los elementos utilizados en la realización del mismo.

Por el tipo de instalación (dentro de la mina), no se utilizan canastillas ya que no son prácticas dentro de la mina, porque al ser la mina muy húmeda corroe dichas canastillas.

Por el tipo de aislamiento de los conductores tipo SHD-GC, estos pueden ser autoportado con mensajero e instalados sobre soportes anclados en los respaldos de la mina, dichos soportes estarían ubicados cada 12 metros.

Para el transporte de los materiales (Transformadores, dispositivos de protección, conductores) se utilizara la volqueta de propiedad de la empresa la cual tiene una capacidad de 11000 kilos , cada viaje de la volqueta esta calculado en .350000 \$..

Como se explico anteriormente, los malacates de cada uno de los niveles, llevan dos breakers por cuestiones de seguridad.

En las tabla 45 ,48,46 y 47 se muestra el costo total por los conductores utilizados.

En la tabla 49 y en la tabla 50, se muestra el valor de los dispositivos de protección tanto térmicas como magnéticas.

En la tabla 51, se muestra el valor de los barrajes.

En la tabla 52, se muestra el valor de los transformadores con sus dispositivos de protección.

En la Tabla 53, se muestra el valor por instalación y mano de obra de cada uno de los tipos de conductores que componen la red según su aislamiento.

En la Tabla 54, se indica el valor de los soportes utilizados para la instalación de los conductores tipo SHD-GC (330 soportes) , THW (1471 soportes) y XLPE (281 soportes) ; y el valor de las crucetas ,portería y aisladores para el cable tipo ACSR.

En la tabla 55 aparece los costos por el transporte de los elementos.

En la tabla 56 se resumen los costos generales del proyecto, incluyendo el AIU (Administración, Imprevisto y Utilidad).

En la Tabla 57, se muestra el valor total del proyecto.

Tabla 45. Costos Cable Tipo SHD-GC.

CALIBRE(AWG)	Longitud (mt)	Valor Cable(mt)	Costo
2	383	21140	8096620
4	813	18050	14674650
6	761	12124	9226364
8	1472	8202	12073344
10	238	5521	1313998
12	620	3125	1937500
Total			47322476

Tabla 46. Costos Cable tipo THW.

Calibre	Longitud (mt)	Valor cable (mt)	Costo
2/0	4093	4125	16883625
4/0	666	8950	5960700
250	729	11190	8157510
350	948	14280	13537440
500	3927	16254	63829458
1000	1743	22120	38555160
8	123	920	113160
6	1172	985	1154420
4	4337	1250	5421250
1	1309	1850	2421650
2	316	1540	486640
Total			156521013

Tabla 47. Costos Cable Tipo XLPE.

Calibre	Longitud (mt)	Valor cable (mt)	Costo
2	3675	15210	55896750
Total			55896750

Tabla 48. Costos Cable Tipo ACSR

Calibre	Longitud (mt)	Valor cable (mt)	Costo
4	1050	2510	2635500
Total			2635500

Total costos por cables =262375739

Tabla 49. Costos Dispositivos Termomagneticos.

Breaker	Valor	Cantidad	Costo
15 A	79560	8	636480
20 A	79560	4	318240
30 A	79560	13	1034280
40 A	79560	18	1432080
50 A	79560	19	1511640
60 A	110840	4	443360
80 A	118250	3	354750
100 A	125800	6	754800
125 A	261112	5	1305560
150 A	258930	6	1553580
200 A	346500	2	693000
225 A	367920	2	735840
300 A	633150	1	633150
500 A	875200	1	875200
600 A	1253700	1	1253700
Total			13535660

Tabla 50. Costos Guardamotores.

Rango	Valor	Cantidad	Costo
4 a 6 A	152460	1	152460
12 a 18 A	203490	2	406980
23 a 32 A	349020	9	3141180
30 a 40 A	419580	9	3776220
37 a 50	584160	7	4089120
63 a 80 A	756000	2	1512000
80 a 104	826520	3	2479560
Total			15557520

Total dispositivos Termomagneticos =29093180

Tabla 51. Costos Barrajes.

Barraje 1-T1	353000
Barraje 2-T1	180000
Barraje 3-T1	120000
Barraje 4-T1	160000
B.G.B.T-T1	600000
Barraje 1-T2	160000
Barraje 2-T2	120000
Barraje 3-T2	120000
Barraje 4-T2	180000
Barraje 5-T2	95000
B.G.B.T-T2	680000
Barraje 1-T3	95000
Barraje 2-T3.	160000
B.G.B.T-T3	315000
Total	3338000

Tabla 52. Valor Transformadores.

Transformador 1- 300 KvA	11000000
Transformador 2- 400 KvA	12966000
Transformador 3 - 225 KvA	9216000
Total	33182000

Tabla 53. Valor Instalación y mano de obra.

Conductores con aislamiento SHD-GC.	3100200
Conductores con aislamiento THW.	8022500
Conductores con aislamiento XLPE.	1000000
Conductores tipo ACSR.	900000
Total	13022700

Tabla 54. Valor Elementos de Instalacion.

Conductores con aislamiento SHD-GC.	652000
Conductores con aislamiento THW.	3052000
Conductores con aislamiento XLPE.	600000
Conductores tipo ACSR.	850000
Total	5154000

Tabla 55. Valor Transporte elementos.

Elementos.	Peso (Kilos)
Conductores	36308
Transformador 1 (300 kVA)	1500
Transformador 2 (400 kVA)	2000
Transformador 2 (225 kVA)	1125
Dispositivos de proteccion(aprox)	100
Barrajes(aprox)	40
<i>TOTAL</i>	<i>41073</i>
Numero de Viajes	4
Total	140000

Tabla 56. Valor Total Del Proyecto.

CONCEPTO	VALOR.
Conductores	262375739
Bancos de condensadores	4000000
Dispositivos Termomagneticos	2093180
Barrajes	3338000
Transformadores	33182000
Instalacion y Mano de obra.	13022700
Elementos de Instalacion.	5154000
Transporte.	1400000
Subtotal	324565619
Administración (8 %)	25965250
Imprevisto (2%)	6491312
Utilidad (5%)	16228281
Total	373250462

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES.

- La ubicación de los dos transformadores desde el punto de vista geográfico es la óptima ya que al colocar otro transformador en el nivel 17, la distancia de las fuentes (3 transformadores) a los equipos son cortas, lo que permite obtener las regulaciones adecuadas con calibres óptimos.
- Al disminuir los calibres de los conductores y las longitudes de los mismos para obtener las regulaciones establecidas por la norma, se disminuyen también los costos por conductores; en comparación con el diseño anterior.
- El diseño cumple con los estándares de regulación máxima, tanto para circuito ramal como para alimentadores.
- La ubicación de los barrajes obedece al momento eléctrico de los motores conectados a él.
- La elección de los bancos de condensadores se realizó para descargar la potencia de los transformadores y para obtener un factor de potencia un poco por encima del factor de potencia mínimo (0.9).
- La ubicación del Polvorin cumple con las normas internacionales, de la distancia mínima del transformador a él la cual debe ser 150 metros.

3 BIBLIOGRAFIA.

CODIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO.NORMA TECNICA COLOMBIANA 2050.

NORMA INTERNACIONAL: "USO DE LA ELECTRICIDAD EN MINAS".

ANEXO A
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN MINA.
PROGRAMACIÓN MES DE DICIEMBRE- AÑO 2002.

Panel	Nivel	DIAS																							
		5	7	8	9	10	11	12	15	16	17	18	19	21	22	23	26	27	28	29	30	2	3	4	5
0 Ovejo	19	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Blue	Yellow	Blue	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Cyan	Cyan	Blue	Pink	Blue	Black	Black	Pink	Pink	Blue
0 W invasores	19	Red	Red	Red	Red	Pink	Pink	Pink	Pink	Blue	Pink	Blue	Pink	Blue	Pink	Blue	Pink	Blue	Pink	Blue	Pink	Blue	Pink	Blue	Pink
1 W Ovejo	18	Blue	Blue	Pink	Blue	Blue	Blue	Blue	Pink	Pink	Pink	Pink	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
2 Este Ovejo	18	Cyan	Cyan	Blue	Blue	Pink	Blue	Blue	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	Black	Black	Black	Black	Black	Black
00 Ramal Sur	17	Red	Grey	Grey	Grey	Grey	Pink	Pink	Pink	Cyan	Cyan	Cyan	Blue	Blue	Red	Red	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Colgados	17	Grey	Grey	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Blue	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Pink	Pink	Pink	Pink	Black	Black	Black	Black
Bloque 2 Sur	17	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Blue	Blue	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	Black	Black	Black	Black	Black	Black
NOR W.	17	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Grey	Grey	Grey	Pink	Pink	Pink	Red	Red	Red	Cyan	Cyan	Cyan	Blue	Blue	Grey	Grey	Grey
Nor W exploracion.	17	Purple	Purple	Purple	Purple	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Pink	Pink	Pink	Cyan	Cyan	Blue	Blue	Black	Black	Black	Black	Black
Veta 4.	17	Blue	Blue	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	Red	Red	Red	Cyan	Cyan	Cyan	Blue	Blue	Blue	Blue
Veta Norte.	17	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	Red	Red	Red	Cyan	Cyan	Cyan	Blue	Blue	Blue	Blue
Invasores # 2	17	Blue	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Pink	Pink	Cyan	Cyan	Cyan	Blue	Blue	Blue
7 Ovejo	17	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black
5 Ovejo	16	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Cyan	Cyan	Cyan	Blue	Blue	Blue
5 Ovejo W	16	Purple	Purple	Purple	Red	Red	Red	Cyan	Cyan	Cyan	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
6 Ovejo Este.	16	Blue	Blue	Black	Black	Green	Green	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Blue	Green	Blue	Green	Green	Green	Green	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
Dolores Bocamina	16	Black	Black	Black	Purple	Purple	Purple	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Black	Black	Pink	Pink	Pink	Pink	Grey	Grey	Grey
0 Ovejo	16	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Green	Green	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Pink	Pink	Pink	Pink	Grey	Grey	Grey	Grey
Cubana.	16	Purple	Purple	Purple	Purple	Green	Green	Green	Green	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Cyan	Cyan	Cyan	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue

CONVENCIONES:

Movimiento Equipo
Sostenimiento
Breasting
.
Rastrillada.
Preparación Relleno



Perforación.
Relleno.
.
Nivelación.
Voladura y Desabombe.
Preparacion Rastrillada.



