

Requisitos para los circuitos ramales, alumbrado y salidas para equipos eléctricos en minas  
subterráneas

Gilberto Andres Cabrera Osorio & Breitner Felipe Rojas Carrillo

Trabajo presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Eléctricista

Director:

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Doctor en Ciencias con Énfasis en Ingeniería Eléctrica

Codirector:

ING. Jesús Gualdrón Flórez

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico -Mecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Bucaramanga

2020

### Dedicatoria

Primeramente, dedico este trabajo a dios, por permitirme alcanzar esta nueva meta, la cual es  
muy importante para mí,

También doy gracias a mis amados padres Olga Leonor Cabrera Osorio  
Y Luis Carlos Merchán Sepúlveda quienes con su esfuerzo fue posible lograr cada objetivo de  
mi vida,

Y creo que sin su apoyo no hubiera logrado nada, por confiar en mí sin dudar. Por otra parte,

Doy gracias a mi novia Sandra Macias Suarez quien a cada momento estuvo motivándome en  
todos los proyectos que he realizado,

También, agradezco enormemente a la doctora Olga Jazmín Prada Ramírez, por las ayudas  
recibidas en mi carrera y por último agradezco de todo corazón a familiares y personas cercanas  
que con su apoyo fueron formando parte de logros que completaba.

*Gilberto Andrés Cabrera Osorio.*

Dedico este trabajo de grado primeramente a Dios, quien me ha dado la vida y guiado a través de este largo camino y bendecido.

A mis padres Gerardo Rojas Ochoa y Martha Judit Carrillo Flórez, por su apoyo y consejos en los momentos más difíciles.

A mi hermana Laura Yeraldin Rojas Carrillo, por acompañarme en todo momento, regalándome risas y buenos momentos.

A Paola Pinzón, por su acompañamiento incondicional, consejos y amor que me ha regalado en todo momento.

Por último, a todos mis compañeros de carrera, con los cuales vivimos momentos duros y de alegría a lo largo de esta carrera.

***Breitner Felipe Rojas Carrillo.***

### **Agradecimientos**

Agradecemos principalmente a Dios, por permitirnos alcanzar este logro importante para nuestras carreras.

Al Doctor Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga, por su acompañamiento en la elaboración de este trabajo de grado, sus enseñanzas y consejos durante el transcurso de esta carrera universitaria.

También al ingeniero Jesús Guadrón Flórez, por su orientación sobre este proyecto.

**Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	13
1. Objetivos.....	16
1.1 Objetivo general.....	16
1.2 Objetivos específicos .....	16
2. Antecedentes normativos .....	17
3. Materiales y equipos en baja tensión utilizados en minas subterráneas .....	22
3.1 Características de los materiales eléctricos en minas subterráneas .....	24
3.1.1 Cables para minería subterránea .....	24
3.1.2 Sistema de iluminación .....	30
3.1.3 Acopladores .....	32
3.1.4 Cajas .....	34
3.2 Requisitos de materiales eléctricos en baja tensión utilizados en minas subterráneas .....	35
3.2.1 Cables en minas subterráneas .....	35
3.2.2 Soportes para cables en minas subterráneas .....	38
3.2.3 Sistema de iluminación .....	39
3.2.4 Cajas de conexión o empalme en minas subterráneas .....	39

---

3.2.5 Acopladores .....	40
4. Equipos utilizados en baja tensión para minas subterráneas.....	42
4.1 Máquina Long Wall .....	42
4.2 Máquina perforadora.....	44
4.3 Rozadora .....	45
4.4 Máquina trituradora .....	46
4.5 Motobombas .....	47
4.6 Banda transportadora .....	48
4.7 Winche .....	50
4.8 Scooptram .....	51
5. Procesos realizados en baja tensión en minas subterráneas.....	53
5.1 Proceso de arranque o tumbe .....	53
5.2 Proceso de triturado .....	55
5.3 Proceso de bombeo .....	56
5.4 Proceso de transporte de material .....	57
6. Herramienta de ayuda para los requisitos generales y materiales eléctricos de baja tensión usados en minas subterráneas .....	59
6.1 Manual de uso de la herramienta .....	59
6.2 Actualizar contenido a la herramienta .....	63
7. Conclusiones .....	65

Referencias bibliográficas..... 67

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Mina a Cielo Abierto.....	14
Figura 2. Mina Subterránea de Carbón .....	15
Figura 3. Alcance NTC 2050.....	18
Figura 4. Alcance de la Norma NEC .....	19
Figura 5. Normativas mineras.....	20
Figura 6. Lámpara.....	30
Figura 7. Cintas led para uso en minas subterráneas .....	31
Figura 8. Acopladores para equipos eléctricos dentro de una mina .....	33
Figura 9. Cajas para ambientes explosivos.....	34
Figura 10. Adecuación de cables mineros .....	37
Figura 11. Soporte para cables mineros.....	38
Figura 12. Acopladores con medio de bloqueo .....	41
Figura 13. Máquina Long Wall.....	43
Figura 14. Perforadora .....	44
Figura 15. Máquina Rozadora.....	45
Figura 16. Máquina Trituradora.....	46
Figura 17. Motobomba.....	47
Figura 18. Banda Transportadora .....	49

---

Figura 19. Winche.....	50
Figura 20. Scooptram.....	52
Figura 21. Proceso de Tumba en Mina Subterránea de Carbón .....	54
Figura 22. Proceso de tumba en mina subterránea de roca dura.....	55
Figura 23. Proceso de tumba en minas subterráneas .....	56
Figura 24. Sumidero.....	57
Figura 25. Proceso de transporte.....	58
Figura 26. Menú Programa Desarrollado en Excel.....	61
Figura 27. Requisitos de Acopladores .....	62

## Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Protección IP .....	22
Tabla 2. Códigos IK para equipos eléctricos .....	23
Tabla 3. Escenarios planteados para los dos tipos de minas .....	24
Tabla 4. Referencias de cables mineros .....	25
Tabla 5. Tipos de cables para minería .....	28
Tabla 6. Características de los equipos de iluminación .....	32
Tabla 7. Características que deben cumplir los acopladores .....	33
Tabla 8. Características que deberán cumplir las cajas .....	35
Tabla 9. Identificación de conductores .....	36
Tabla 10. Características Eléctricas de Máquina Long Wall .....	43
Tabla 11. Características Eléctricas de la Perforadora .....	44
Tabla 12. Características Eléctricas de una Máquina Rozadora .....	45
Tabla 13. Características Eléctricas de un Máquina Trituradora .....	47
Tabla 14. Características Eléctricas de las Motobombas .....	48
Tabla 15. Características Eléctricas de la Banda Transportadora .....	49
Tabla 16. Características Eléctricas de la Winche .....	51
Tabla 17. Características Eléctricas de una Máquina Scooptram .....	52

## **Resumen**

**Título:** Requisitos para los circuitos ramales, alumbrado y salidas para equipos eléctricos en minas subterráneas \*

**Autor:** Breitner Felipe Rojas Carrillo, Gilberto Andrés Cabrera Osorio \*\*

**Palabras Claves:** Minas de roca dura, Minas de roca blanda, NTC 6057, MSHA, ATEX.

### **Descripción:**

En este documento se presentan los requisitos técnicos que deben cumplir los circuitos ramales, así como las salidas para alumbrado y equipos en minas subterráneas de carbón y de roca dura en baja tensión, teniendo en cuenta normas colombianas y extranjeras aplicables a este tipo de minas.

Inicialmente se hace una aclaración sobre el alcance de la norma NTC 2050 en donde queda claro que ésta no es aplicable a este tipo de instalaciones (minas subterráneas), por lo que se debe recurrir a normas extranjeras. Ese orden, son las directrices ATEX y MSHA las más usadas para garantizar la seguridad en este tipo de lugares.

Posteriormente se abordan los temas de materiales, tipos de cables mineros, soporte para cables mineros, cajas de conexiones, sistemas de iluminación, acopladores, todos estos elementos con sus respectivas certificaciones (IP, IK, ATEX, MSHA) tanto para minas de carbón y roca dura. Continuando, se describen los procesos más importantes llevados a cabo dentro de una mina subterránea, así como los equipos eléctricos portables y fijos utilizados en baja tensión para poder llevar acabo estos procesos, especificando los requerimientos de energía eléctrica de cada uno.

Por último, se desarrolló un aplicativo en Excel que condensa todas las exigencias técnicas para los circuitos ramales, alumbrado y salidas en minas subterráneas, permitiendo explorarlas rápidamente y brindando información sobre este tipo de instalaciones. La guía en Excel también contiene catálogos de equipos y materiales certificados para los dos tipos de minas subterráneas.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctricas, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga. Doctor en Ciencias con énfasis en Ingeniería Eléctrica.

## Abstract

**Título:** Requirements for branch circuits, lighting and outlets for electrical equipment in underground mines \*

**Author(s):** Breitner Felipe Rojas Carrillo, Gilberto Andrés Cabrera Osorio \*\*

**Keywords:** Hard rock mines, Soft rock mines, NTC 6057, MSHA, ATEX.

### Description:

This document presents the technical requirements that branch circuits must meet, as well as the outputs for lighting and equipment in low voltage underground coal and hard rock mines, taking into account the Colombian and foreign regulations applicable to this type of mines. .

Initially, a clarification is made on the scope of the NTC 2050 standard where it is clear that it is not applicable to this type of facilities (underground mines), so foreign regulations must be used. In that order, the ATEX and MSHA guidelines are the most used to guarantee safety in these types of places.

Subsequently, the topics of materials, types of mining cables, support for mining cables, junction boxes, lighting systems, couplers, all these elements with their respective certifications (IP, IK, ATEX, MSHA) for both coal mines and Hard rock. Continuing, the most important processes carried out within an underground mine are described, as well as the portable and fixed electrical equipment used in low voltage to be able to carry out these processes, specifying the electrical energy requirements of each one.

---

\* Bachelor thesis

\*\*Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas Escuela de Ingenierías Eléctricas, Electrónica y de Telecomunicaciones Director Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga. Doctor of Science with an emphasis in Electrical Engineering.

## Introducción

El sector minero es importante en la economía colombiana. Según datos del Ministerio de Minas y Energía para el año 2018 esta participación representó el 1.66% del PIB nacional (sin tener en cuenta hidrocarburos), producto de la explotación de carbón mineral (coque, térmico, metalúrgico), minerales metálicos (oro, níquel) y minerales no metálicos (calizas, materiales de construcción) (Dirección de Minería Empresarial, 2019).

El subsuelo del país es rico en diferentes tipos de minerales con gran potencial para la explotación económica, con grandes oportunidades para la generación de empleo tanto de mano de obra calificada como no calificada. En los últimos años la actividad de la minería ha crecido en más de un 30%, con inversiones que han logrado mantener la tendencia para su estabilidad y crecimiento (Dirección de Minería Empresarial, 2019).

Para la extracción de minerales hay dos formas de explotación minera, una de ellas es subterránea y la otra de cielo abierto, también llamada mina a tajos, la cual es realizada en la superficie, este tipo de explotaciones no son tan profundas a comparación de una mina subterránea, además se utilizan explosivos para ir avanzando en la corteza terrestre, como también maquinarias de tipo pesado para remover el material. Normalmente los materiales que son extraídos son oro, plata, y cobre en la figura 1 se puede observar cómo se lleva a cabo este tipo de explotación minera a cielo abierto.

**Figura 1.**

*Mina a Cielo Abierto.*



Nota Tomado de El Picon (s.f.) Hor aprevenir secuelas la minería a cielo abierto Recuperado de <https://elpilon.com.co/hora-prevenir-secuelas-la-mineria-cielo-abierto/>

La minería subterránea consiste en la explotación de minerales que están por debajo de la superficie terrestre, los materiales extraídos son normalmente carbón, esmeraldas y oro, para la extracción de los minerales es necesario el uso de máquinas eléctricas y de combustión.

Por otra parte, es necesario la utilización de la energía eléctrica para poder llevar a cabo actividades de transporte, perforación e iluminación de las zonas de trabajo, este tipo de minas subterráneas.

El presente trabajo de grado busca especificar los componentes que conforman la instalación eléctrica en baja tensión (menos de 1000 voltios) de circuitos ramales y que van desde

la salida de los tableros de distribución hasta los puntos de utilización de la energía correspondiente a circuitos ramales, salidas para herramientas fijas y móviles, arrastre de material, alumbrado, entre otros, para cada uno de estos se realizará la descripción de los requisitos técnicos, como de las exigencias de instalación acorde con la normativa internacional aplicable.

Además, este trabajo a su vez complementa otras dos temáticas que se vienen desarrollando al mismo tiempo con otros trabajos de grado, uno de ellos trata sobre la especificación de las instalaciones eléctricas en minas subterráneas desde media tensión hasta los tableros generales de distribución en baja tensión, mientras que el otro trabajo de grado está centrado en desarrollar un aplicativo para la clasificación de áreas en minas, por tal motivo, este proyecto de grado no trata la clasificación de áreas especiales, sin embargo, se escogió el peor escenario que pueda ocurrir dentro de una mina subterránea.

## **Figura 2.**

*Mina Subterránea de Carbón*



Nota. Tomado de Minerop (s.f.) Métodos de extracción minera Recuperado de:  
<http://minerop.blogspot.com/2015/10/metodos-de-extraccion-minera.html>

## 1. Objetivos

### 1.1 Objetivo general

Especificar los requerimientos en materiales y su instalación para circuitos ramales, alumbrado y salidas para equipos eléctricos en minas subterráneas en baja tensión.

### 1.2 Objetivos específicos

- Describir los procesos que se llevan a cabo en una mina, así como los equipos eléctricos portables y fijos que se requieren.
- Documentar los materiales y los requisitos de instalación para los circuitos ramales, alumbrado y salidas para equipos eléctricos en minas subterráneas en baja tensión acorde con el RETIE RESOLUCIÓN N° 90708 DE AGOSTO 30 DE 2013 y la normativa internacional aplicable.
- Desarrollar una herramienta en Excel que facilite la consulta y actualización de los materiales eléctricos y los requisitos de instalación en minas subterráneas en baja tensión, incluyendo circuitos ramales, instalación de alumbrado y salidas para equipos eléctricos.

## 2. Antecedentes normativos

Las instalaciones eléctricas en minas están contempladas en el Anexo General del RETIE en su capítulo 8 dedicado a las instalaciones de uso final, pero las considera en una clasificación diferente a la usada para tipificar una instalación de uso final. Así, el RETIE clasifica las instalaciones de uso final en instalaciones básicas, provisionales y especiales, mientras que las minas son ubicadas en un artículo diferente y fuera de las instalaciones especiales en donde intuitivamente se pudieran llegar a clasificar.

Otro aspecto para tener en cuenta es respecto a las normas usadas como referente para esas instalaciones. Mientras que para las instalaciones básicas provisionales y especiales el RETIE obliga a dar estricto cumplimiento a la NTC 2050, para instalaciones mineras no hace referencia a una norma en específico, pero si lista en su artículo 29 una serie de requisitos, “... *adaptados de las normas IEC 61557-8, DIN VDE 0118-1, NEMA WC-58 o de la norma técnica peruana sobre uso de electricidad en minas*” (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, 2013). Esos requisitos contemplados en el RETIE para las instalaciones eléctricas en minas son importantes, pero no suficientes para desarrollar la instalación eléctrica en una mina subterránea, por lo que es necesario recurrir a la normativa internacional aplicable a este tipo de instalaciones.

Lo anterior se debe principalmente a que las instalaciones eléctricas en minas no son del alcance de la NTC 2050. Ese alcance está declarado en su artículo 90-2 b que dice explícitamente “...*fuera de cobertura las instalaciones subterráneas en minas y la maquinaria móvil*”

*autopropulsada de minería de superficie y su cable eléctrico colgante”* (NTC 2050, 1998). En la Figura 3 se resalta ese detalle del alcance de la NTC-2050.

### Figura 3.

#### Alcance NTC 2050

##### 90-2. Alcance.

###### a) Cobertura. Este código cubre:

1) Las instalaciones de conductores y equipos eléctricos en o sobre edificios públicos y privados y otras estructuras, incluyendo casas móviles, vehículos de recreo y casas flotantes, y otras instalaciones como patios, parques de atracciones, estacionamientos, otras áreas similares y subestaciones industriales.

**Nota. Para información sobre instalaciones en complejos industriales o de varias edificaciones, véase el National Electrical Safety Code, ANSI C2-1997**

2) Instalaciones de conductores y equipos que se conectan con fuentes de suministro de electricidad.

3) Instalaciones de otros conductores y equipos exteriores dentro de la propiedad.

4) Instalaciones de cables y canalizaciones de fibra óptica.

5) Instalaciones en edificaciones utilizadas por las empresas de energía eléctrica, como edificios de oficinas, almacenes, garajes, talleres y edificios recreativos que no formen parte integral de una planta generadora, una subestación o un centro de control.

###### b) Fuera de cobertura. Este código no cubre:

1) Las instalaciones en buques, naves distintas de las casas flotantes, material rodante ferroviario, aviones o automóviles excepto casas móviles y vehículos de recreo.

2) Las instalaciones subterráneas en minas y la maquinaria móvil autopropulsada de minería de superficie y su cable eléctrico colgante.

3) Las instalaciones ferroviarias utilizadas para la generación, transformación, transmisión o distribución de la energía eléctrica usada exclusivamente para el funcionamiento del material rodante ni las instalaciones utilizadas exclusivamente para señalización y comunicaciones.

Nota. Tomado de: NTC 2050, Artículo 90-2b

La norma NFPA 70 también conocida como el NEC en la cual está basada la NTC 2050, también deja claro en su alcance que no cubre las instalaciones eléctricas mineras subterráneas, las cuales están bajo la jurisdicción de la MSHA (Mine Safety and Health Administration). Un detalle de ese alcance se resalta en la Figura 4.

Aun así, es muy común en Colombia ver instalaciones eléctricas en minas subterráneas construidas bajo los lineamientos de la NTC-2050, lo cual es un error que puede poner en riesgo la vida de los mineros que allí laboran. Por esta razón, en este trabajo de grado se tomarán como

referentes las normas MSHA, M421-16, NTC 6057, NOM-032-STPS-2008, RETIE, DIN VDE 0118 – 1, para especificar los componentes que conforman la instalación eléctrica en baja tensión (menos de 1000 voltios) correspondiente a los circuitos ramales que van desde los tableros de distribución hasta los puntos de utilización de la energía, los cuales pueden ser: salidas para herramientas fijas y móviles, equipos para ventilación, arrastre de material, alumbrado, entre otros. Se mostrarán tanto los requisitos de instalación como los requisitos de producto siguiendo la estructura que se maneja en el RETIE.

#### Figura 4.

##### *Alcance de la Norma NEC*

Article 505 — Class I, Zone 0, 1, and 2 Locations	505.2
<ul style="list-style-type: none"> <li>(B) Dual Classification</li> <li>(C) Reclassification Permitted</li> <li>(D) Solid Obstacles</li> <li>505.8 Protection Techniques               <ul style="list-style-type: none"> <li>(A) Flameproof "d"</li> <li>(B) Purged and Pressurized</li> <li>(C) Intrinsic Safety</li> <li>(D) Type of Protection "n"</li> <li>(E) Oil Immersion "o"</li> <li>(F) Increased Safety "e"</li> <li>(G) Encapsulation "m"</li> <li>(H) Powder Filling "q"</li> <li>(I) Combustible Gas Detection System</li> </ul> </li> <li>505.9 Equipment               <ul style="list-style-type: none"> <li>(A) Suitability</li> <li>(B) Listing</li> <li>(C) Marking</li> <li>(D) Class I Temperature</li> <li>(E) Threading</li> </ul> </li> <li>505.15 Wiring Methods               <ul style="list-style-type: none"> <li>(A) Class I, Zone 0</li> <li>(B) Class I, Zone 1</li> <li>(C) Class I, Zone 2</li> </ul> </li> <li>505.16 Sealing and Drainage               <ul style="list-style-type: none"> <li>(A) Zone 0</li> <li>(B) Zone 1</li> <li>(C) Zone 2</li> <li>(D) Class I, Zones 0, 1, and 2</li> <li>(E) Drainage</li> </ul> </li> <li>505.17 Flexible Cords, Class I, Zones 1 and 2</li> <li>505.18 Conductors and Conductor Insulation               <ul style="list-style-type: none"> <li>(A) Conductors</li> <li>(B) Conductor Insulation</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>505.1 Scope</b></p> <p>This article covers the requirements for the zone classification system as an alternative to the division classification system covered in Article 500 for electrical and electronic equipment and wiring for all voltages in Class I, Zone 0, Zone 1, and Zone 2 hazardous (classified) locations where fire or explosion hazards may exist due to flammable gases, vapors, or liquids.</p> <p>FPN: For the requirements for electrical and electronic equipment and wiring for all voltages in Class I, Division 1 or Division 2; Class II, Division 1 or Division 2; and Class III, Division 1 or Division 2 hazardous (classified) locations where fire or explosion hazards may exist due to flammable gases or vapors, flammable liquids, or combustible dusts or fibers, refer to Articles 500 through 504.</p> <p>The requirements covering wiring methods, sealing, and flexible cord use were added to Article 505 for the 2002 Code so that the Class I, Zone 0, Zone 1, and Zone 2 area classification concept can be used as a separate set of requirements that parallel those in Articles 500 and 501 covering installations in which the Class I, Division 1 and Division 2 area classification concept is used. The zone classification concept offers an alternative method of classifying Class I hazardous locations. The zone classification method is based on the standards for area classification used by the International Electrotechnical Commission (IEC).</p> <p>The IEC classification scheme includes underground mines. In the United States, mines are under the jurisdiction of the Mine Safety and Health Administration (MSHA) and are outside of the scope of the NEC.</p>

Nota. Tomado de: Recorte del National Electrical Code Handbook 2005, pág 719

Se aclara que las otras partes de la instalación no son del alcance de este trabajo de grado puesto que eso se vienen desarrollando al mismo tiempo con otros trabajos de grado: uno de ellos

trata sobre la especificación de las instalaciones eléctricas en minas subterráneas desde media tensión hasta los tableros generales de distribución en baja tensión, mientras que el otro trabajo de grado está centrado en desarrollar un aplicativo para la clasificación de áreas en minas.

**Figura 5.**

*Normativas mineras*



Como se observó en la figura, las minas subterráneas de carbón y de roca dura comparten normativas y su única diferencia, es la presencia de zonas explosivas en minas subterráneas de carbón, donde es más frecuente encontrar este tipo de condición.

A continuación, se describirá el alcance de las normas que aplican para este tipo de minas subterráneas, como también el tipo de certificación que debe tener las minas subterráneas con zonas explosivas.

- CSA M421-16

Esta norma especifica los requisitos mínimos para trabajos eléctricos y equipos eléctricos en todo tipo de minas, tanto de superficie como subterráneas de roca dura y de carbón (M421-16, 2016).

- NTC 6057

“Esta Norma aplica a materiales, construcción y ensayo de cables con aislamiento usados para el suministro de energía eléctrica en minas de superficie y subterráneas, se incluyen los cables portátiles para uso de máquinas en minería” (NTC 6057, 2014, pág. 1)

- Certificación MSHA

Esta certificación americana, aborda las pruebas y requisitos que deben cumplir los equipos que se desean poner en funcionamiento dentro de las minas subterráneas tanto de carbón como de roca.

- Certificación ATEX

Esta certificación Europea, establece las condiciones mínimas de los equipos eléctricos, para mejorar la protección y la salud de los trabajadores al riesgo de zonas derivadas de atmosferas explosivas.

### 3. Materiales y equipos en baja tensión utilizados en minas subterráneas

En este capítulo se describirán los requisitos generales y materiales eléctricos utilizados en instalaciones eléctricas en minas subterráneas para dos escenarios críticos, uno para minas subterráneas de carbón y el otro para minas subterráneas de roca dura. Se planteó la instalación eléctrica de esta forma, debido a que otro trabajo de grado que se desarrolla al mismo tiempo que este, describe la clasificación de zonas especiales en minas de superficie y subterráneas.

Por otro lado, en la *Tabla 1*, se puede observar el grado de protección con el que es diseñado un equipo o material, el primer dígito numérico hace referencia a la protección ante polvo y el segundo dígito numérico el nivel de protección frente a líquidos.

**Tabla 1.**

*Protección IP*

Resistencia frente a sólidos	IP	Resistencia frente a líquidos
Sin protección	0	Sin protección
Protección ante objetos con diámetro mayor de 50 [mm]	1	Protección ante goteo vertical
Protección ante objetos con diámetro mayor de 12 [mm]	2	Protección ante goteo vertical con una inclinación de 15°
Protección ante objetos con diámetro mayor de 2.5 [mm]	3	Protección ante pulverización
Protección ante objetos con diámetro mayor de 2.5 [mm]	4	Protección ante salpicaduras
Protección ante polvo	5	Protección ante chorros de agua

Resistencia frente a sólidos	IP	Resistencia frente a líquidos
Totalmente estancado al polvo	6	Protección ante chorros continuos de agua
	7	Protección ante inmersiones temporales
	8	Protección ante inmersiones permanentes

Nota. Tomada de: Byl solutions (s.f.) Recuperado de:

[https://www.bylsolutions.es/?attachment\\_id=2443](https://www.bylsolutions.es/?attachment_id=2443)

Además, en la *Tabla 2* se representa el grado de protección de robustez mecánica IK, que significa el grado de protección contra impactos mecánicos, esta protección es muy importante en zonas de constante explosión, además de lugares donde los equipos puedan sufrir golpes.

**Tabla 2.**

*Códigos IK para equipos eléctricos*

Código IK y energía de impacto											
Código IK	IK0	IK1	IK2	IK3	IK4	IK5	IK6	IK7	IK8	IK09	IK10
Energía de impacto (julio)	*	0.15	0.20	0.35	0.50	0.70	1	2	5	10	20
Masa (kg)	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5	1.75	5	5
Altura (m)	0	0.7	1	1.75	2.50	3.50	2	4	2.95	2	4

Por otra parte, en la *Tabla 3* se describe los escenarios planteados para minas subterráneas de carbón y roca dura.

**Tabla 3.***Escenarios planteados para los dos tipos de minas*

ESCENARIO PARA MINAS SUBTERRÁNEAS	
MINAS SUBTERRÁNEAS DE CARBÓN	MINAS SUBTERRÁNEAS DE ROCA DURA
<p><b>Escenario 1:</b> La mina se encuentra con chorros continuos de agua y totalmente estancado en polvo</p> <p><b>Protección IP 66.</b></p> <p>Todo equipo y material debe estar certificado por la MSHA o Atex Grupo 1 (M1 o M2), para ser puesto en funcionamiento.</p>	<p><b>Escenario 2:</b> La mina se encuentra con chorros de agua y expuesta a polvo</p> <p><b>Protección IP 65</b></p> <p>No hay zonas explosivas</p>

### 3.1 Características de los materiales eléctricos en minas subterráneas

En este capítulo se describen las características principales de los cables, las salidas de alumbrado, tomacorrientes y cajas de empalme, así como los requisitos para su instalación en una mina subterránea.

#### 3.1.1 Cables para minería subterránea

En el siguiente capítulo y de acuerdo con la norma NTC 6057<sup>1</sup>, se describirán las características principales que deben cumplir los cables mineros en instalaciones eléctricas de circuitos ramales en baja tensión.

<sup>1</sup> NTC 6057: Norma técnica colombiana, utilizada para cables portátiles y de alimentación de potencia para uso en minas y aplicaciones similares.

Los cables de uso minero se caracterizan por tener cualidades diferentes a otros tipos de conductores, ya que estos, se encontrarán en zonas explosivas, ambientes altamente corrosivos, húmedos, temperaturas variables, expuestos a gases, a la abrasión y tracción mecánica.

Los cables mineros se pueden encontrar en dos tipos de presentaciones: cables planos y cables redondos.


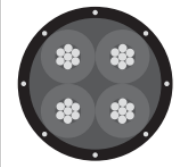



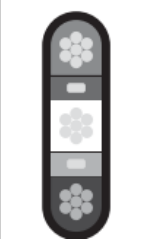
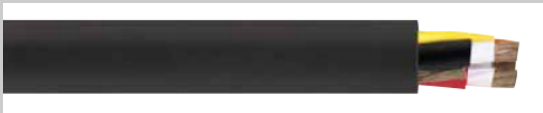
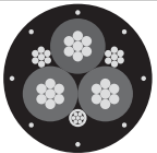

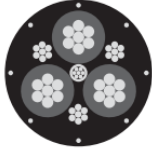


- **Cables redondos:** los cables redondos de uso minero son más fáciles de maniobrar, mover y reubicar. Su chaqueta extra resistente proporciona protección mecánica y mayor resistencia a la abrasión, corte, desgarro y torsión.
- **Cables planos:** Los cables planos de uso minero están contruidos con una cubierta de servicio extra pesado que proporciona protección mecánica y mayor resistencia al aplastamiento, abrasión, corte y desgarro.

En la *Tabla 4* se exponen algunas de las presentaciones en el que los diferentes tipos de cables mineros se pueden encontrar.

**Tabla 4.**

*Referencias de cables mineros*

TIPO DE CONDUCTOR	PRESENTACION DE LOS CABLES
W	 <p style="text-align: center;"><i>Plano</i></p>

TIPO DE CONDUCTOR	PRESENTACION DE LOS CABLES	
<b>G</b>		
	<i>Redondo</i>	
		
	<i>Plano</i>	
<b>G-GC</b>		
	<i>Plano</i>	
		
	<i>Redondo</i>	
<b>G-CGC</b>		
	<i>Redondo</i>	
<b>SHD</b>		
	<i>Plano</i>	

TIPO DE CONDUCTOR	PRESENTACION DE LOS CABLES	
SHD-GC		
	<i>Redondo</i>	
SHD-CGC		
	<i>Redondo</i>	

Los tipos de cables mineros utilizados en Colombia se pueden apreciar en la *Tabla 5*. Estos cables pueden estar compuestos por uno o más conductores para potencia (C), y tener conductores para puesta a tierra (PT) y para chequeo de puesta a tierra (CT). Se usará la siguiente nomenclatura para designar el número de conductores:

- 1C: 1 Conductor,
- 2C: 2 Conductores,
- 3C: 3 Conductores
- 4C: 4 Conductores,
- 5C: 5 Conductores
- 6C: 6 Conductores,
- 1PT: 1 Conductor de puesta a tierra,
- 2PT: 2 Conductores de puesta a tierra
- 3PT: 3 Conductores de puesta a tierra,

- 1CT: 1 Conductor de chequeo a tierra y
- 2CT: 2 Conductores de chequeo a tierra

**Tabla 5.***Tipos de cables para minería*

TIPO	DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE CONDUCTORES	APLICACIONES
W	Sin conductor de puesta tierra	2C, 3C, 4C, 5C o 6C	Energía portátil, Shuttle Cars, Bombas, Roof Bolters
G	Con conductor de puesta tierra	2C, 3C, 4C, 5C o 6C	Shuttle Cars, Maquinas de carga, Taladros.
G-GC	Con conductor de puesta tierra y conductor de chequeo a tierra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3C+2PT+1CT</li> <li>• 3C+1PT+1CT</li> </ul>	Pernos de techo, Shuttle Cars, Bombas, Cargadores, Bandas Transportadoras, Roof Bolters
G-CGC	Con conductor de puesta tierra y conductor de chequeo a tierra en el centro	3C+3PT+1CT	Shuttle Cars, Bombas, Cargadores, Bandas Transportadoras, Roof Bolters
SHD	Multiconductores, conductores de potencia apantallados individualmente, conductores cubiertos de puesta a tierra con una capa conductora extruida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3C</li> <li>• 3C+2PT</li> </ul>	Mineros continuos

TIPO	DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE CONDUCTORES	APLICACIONES
SHD-GC	Multiconductores, conductores de potencia apantallados individualmente, conductores de puesta a tierra y conductor de chequeo a tierra	3C	Longwall, Distribución de energía, Bombas, Roof Bolters, Shuttle Cars, Mineros continuos
SHD-CGC	Multiconductores, conductores de potencia apantallados individualmente, conductores de puesta a tierra y conductor de chequeo a tierra en el centro	3C+3PT+1CT	Distribución de energía , Bombas, Roof Bolters, Shuttle Cars, Longwall

Las tablas con las características de los conductores y su aislamiento se encuentran en la norma **NTC 6057:2014**. En esa norma se detallan para cada uno de los tipos de conductores: espesor de aislamientos, capacidad de corriente, calibre de los conductores de potencia, de conductores de puesta a tierra y conductores de chequeo a tierra para los diferentes niveles de tensión.

### 3.1.2 Sistema de iluminación

El sistema de iluminación deberá ser suficiente, para que el personal reconozca claramente el lugar de trabajo, los equipos y además pueda leer sin ningún problema las etiquetas o avisos que son encontrados dentro de la mina subterránea (M421-16, 2016).

#### Figura 6.

##### Lámpara



Nota. Tomada de: Siner Energy Group (s.f.) productos Recuperado de:  
<https://sirenergygroup.com/productos>

El uso de iluminación LED hoy en día es muy popular en el mundo minero por las ventajas que estas presentan a comparación de las lámparas de sodio, su eficiencia, su luz blanca mejora la visibilidad en los lugares de trabajo más complicados, mayor vida útil y reduce el consumo de energía eléctrica, este tipo de iluminación es comúnmente utilizado para minas subterráneas de roca dura.

**Figura 7.**

*Cintas led para uso en minas subterráneas*



Nota Tomada de Iluminatronics (s.f.) Recuperado de <http://www.iluminatronics.com/wp-content/uploads/2019/08/1.-Cintas-led-Iluminatronics-para-mineria.pdf>

En la *Tabla 6* se describirán las características para el sistema de iluminación en minas subterráneas, teniendo en cuenta el escenario planteado inicialmente.

Tabla 6.

*Características de los equipos de iluminación*

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN				
Tipo de sistema de iluminación	Grado de protección IP	Grado de protección de robustez mecánica IK	Certificación	Características Adicionales de elementos que conforman la iluminación.
<b>Iluminación por cinta LED</b>	Minas de carbón: IP 66	IK 07	Atex Clase I, Grupo (M1 o M2) o MSHA	El driver para iluminación LED tendrá los grados de protección. IP 66
	Minas de roca dura: IP 65		No aplica	
<b>Iluminación tradicional</b>	Minas de carbón: IP 66	IK 07	Atex Clase I, Grupo (M1 o M2) o MSHA	-
	Minas de roca dura: IP 65		No aplica	

### 3.1.3 Acopladores

Los acopladores son los elementos encargados de unir los cables con los equipos eléctricos, garantizando la continuidad de la energía transmitida.

**Figura 8.**

*Acopladores para equipos eléctricos dentro de una mina*



Nota. Tomada de: Tjb-Couplers (s.f.) recuperado de: [http://www.tjb-couplers.com/products-permissible-msha-certified-c-1\\_5.html](http://www.tjb-couplers.com/products-permissible-msha-certified-c-1_5.html)

Al estar en ambientes especiales los acopladores deben tener las unas características especiales tal como muestra en la *Tabla 7*.

**Tabla 7.**

*Características que deben cumplir los acopladores*

Características de los acopladores en minas subterráneas				
Tipo de mina	Grado de protección IP	Grado de robustez mecánica IK	Certificación	Características adicionales
Mina de carbón	IP 66	IK 10	Atex Clase I, Grupo (M1 o M2) o MSHA	Los acopladores pueden tener bloqueo mecánico.
Mina de roca dura	IP 65	IK 10	No aplica	

### 3.1.4 Cajas

Las cajas de paso y empalme aumentan el grado de protección IP e IK del equipo o empalme que se encuentran adentro de ellas, en la *Figura 9* se puede observar una caja de empalme para ambientes especiales.

#### **Figura 9.**

*Cajas para ambientes explosivos*



Nota. Tomada de: Mining controls (s.f.) Recuperado de:  
<http://www.miningcontrols.com/page.aspx?ID=1016>

**Tabla 8.***Características que deberán cumplir las cajas*

<b>CARACTERÍSTICAS DE LAS CAJAS EN MINAS SUBTERRÁNEAS</b>				
<b>Tipo de mina</b>	<b>Grado de protección IP</b>	<b>Grado de robustez mecánica IK</b>	<b>Certificación</b>	<b>Características adicionales</b>
<b>Mina de carbón</b>	IP 66	IK 10	Atex Clase I, Grupo (M1 o M2) o MSHA	Estas cajas permiten aumentar la protección del equipo eléctrico que se encuentran en interior de las ellas.
<b>Mina de roca dura</b>	IP 65	IK 10	No aplica	

### 3.2 Requisitos de materiales eléctricos en baja tensión utilizados en minas subterráneas

Los requisitos para la instalación de los elementos eléctricos descritos en la sección anterior se muestran a continuación.

#### 3.2.1 Cables en minas subterráneas

- **Identificación de conductores y rotulación:** Según la sección 3.18 de la NTC 6057, los conductores utilizados en minas deberán identificarse de los siguientes colores de acuerdo con el número de conductores, esta información se puede observar en la *Tabla 9*.

Tabla 9.

*Identificación de conductores*

IDENTIFICACIÓN DE CONDUCTORES		
Número de Conductores Por cable	Tipos de cables	Colores
Cable de 2 conductores	Todos los tipos	Negro y blanco
Cable de 3 conductores	Tipo G (Redondos y Planos) PG,PCG,C-GC,G-CGC,SHC** ,SHC-GC** ,SHD-GC** , SHD-CGC** ,SHD-PCG Y SHD**	Negro, blanco y rojo
Cable de 4 conductores	Tipo W	Negro, blanco y rojo
Cable de 4 conductores	Tipo G (Redondo y Plano)	Negro, blanco, rojo y anaranjado
Cable de 4 conductores	Tipo W	Negro, blanco, rojo y verde
Cable de 5 conductores	Tipo G	Negro, blanco, rojo, anaranjado y azul
Cable de 5 conductores	Tipo W	Negro, blanco, rojo, verde y anaranjado
Cable de 6 conductores	Tipo W	Negro, blanco, rojo, verde, anaranjado y azul

*Nota:*

*\*\* Si se usan cintas metálicas no conductoras, la identificación puede ser por medio de franjas o impresiones en color contraste.*

“Los cables se deben identificar en toda su longitud para indicar el fabricante, sin embargo, para el cable tipo SHD plano, se debe rotular en toda longitud con lo siguiente:

La etiqueta del cable debe incluir la siguiente declaración: El cable es para uso solamente en sistemas que están limitados a menos de 10 amperios de corriente de falla a tierra.

El propósito de los requisitos de rotulado y etiquetado para los cables planos tipo SHD es evitar la explosión de personas a corrientes de falla a tierra potencialmente altas” (NTC 6057, 2014, pág. 32).

Por otra parte, “Al usar algún tipo de pintura en los cables para la identificar los extremos, la marca tendrá un grosor de no más de 150 mm a lo largo del cable” (M421-16, 2016, pág. 32).

*Nota 1: Se contactar al fabricante para determinar el tipo de pintura que se puede utilizar en la identificación de los cables.*

- **Instalación de cables de uso minero:** Para la instalación de cables en minas subterráneas se sugiere consultar al fabricante la forma de instalarlo.

En la instalación de los cables se debe tener mucho cuidado con la chaqueta que protege el conductor, por este motivo se recomienda utilizar poleas, de esta forma el conductor se moverá libremente sin tener fricción con las rocas u objetos, como en la siguiente figura.

### Figura 10.

*Adecuación de cables mineros*



Nota Tomada de CWS industries (s.f.) Recuperado de <http://www.cwsindustries.com/images/pdf/spanish/cws-cable-reeler-spanish.pdf>

### 3.2.2 Soportes para cables en minas subterráneas

Si se utiliza algún tipo de soportes o de fijación para los cables, estos deberán estar adecuados de tal forma que no atenten contra la integridad y funcionamiento de los conductores (M421-16, 2016).

#### Figura 11.

*Soporte para cables mineros*



Nota. Tomada de iluminatronics (s.f.) recuperado de: <http://www.iluminatronics.com/wp-content/uploads/2018/08/1.-Mangueras-Led-para-tuneles.pdf>

En soportes horizontales los cables deben estar soportados a intervalos de no más de 10 metros, además de esto se deberá proporcionar un alivio de tensión de 300 milímetros lo más cerca posible de una caja, acoplador o equipo eléctrico (M421-16, 2016).

### ***3.2.3 Sistema de iluminación***

Los requisitos para un sistema de iluminación dentro de una mina subterránea son los siguientes:

- Según el decreto 1886 del 21 de septiembre de 2015, indica que la ubicación de una lámpara a otra estará a una distancia no mayor a 20 metros (Decreto 1886, 2015).
- Según el decreto 1886 del 21 de septiembre de 2015, En los sitios donde estén instalaciones eléctricas en movimiento, se deberá colocar iluminación fija la cual estará protegida y certificada (Decreto 1886, 2015).
- Las lámparas de HDI que contiene elementos de sodio no se permitirán bajo tierra (M421-16, 2016).

### ***3.2.4 Cajas de conexión o empalme en minas subterráneas***

Las cajas de empalmes o conexión para minas subterráneas de carbón deberán estar certificadas por la MSHA o ATEX Grupo 1 clase M1 o M2, además deberán de contar con la protección IP e IK correspondiendo a lugar que se encuentre la instalación eléctrica.

Por otra parte, para minas subterráneas de roca dura las cajas de empalme o conexión solo contarán con la protección IP e IK.

### 3.2.5 Acopladores

Los acopladores son elementos que unen los cables con los diferentes equipos eléctricos, estos acopladores al encontrarse en ambientes especiales deben cumplir con unos requisitos generales y estos son los siguientes:

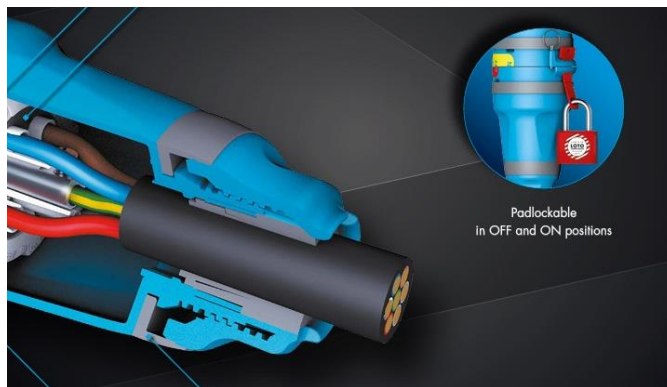
- “Para acopladores de conexión rápida que unan cables de alimentación portátil y operen a una tensión superior a 150 voltios deberán tener una resistencia mecánica superior al conductor” (M421-16, 2016, pág. 26).

- “Para acopladores de conexión rápida que unan cables de alimentación portátil y operen a una tensión superior a 750 voltios deberá contar con un medio de boqueo mecánico ver figura 42” (M421-16, 2016, pág. 26).

- Al conectar un equipo a un acoplador se debe garantizar que el conductor que primero hará contacto será el de tierra y posteriormente los conductores de fase, por otra parte si el equipo se quiere desconectar del acoplador se debe garantizar que los conductores que primero se desconectaran serán los de fase y posteriormente el conductor de tierra (M421-16, 2016).

**Figura 12.**

*Acopladores con medio de bloqueo*



Nota. Tomada de heating and process (s.f.) Recuperado de:  
<https://www.heatingandprocess.com/wp-content/uploads/2019/08/Marechal-EVO-The-First-Plug-Switch-Disconnecter-Combined-to-Provide-3-in-1-Power-Connections.pdf>

#### 4. Equipos utilizados en baja tensión para minas subterráneas

En este capítulo se describirán los equipos comúnmente utilizados en la explotación de minas subterráneas, como también el nivel de tensión, potencia y conexión que estos equipos presentan, los equipos que se describieron en este capítulo son los siguientes:

- Máquina Long Wall
- Máquina Perforadora
- Rozadora
- Máquina Trituradora
- Motobombas
- Banda transportadora
- Winche
- Scooptram

Por otra parte, los equipos que trabajen en zonas explosivas deberán estar certificados por el MSHA, esto con el fin de proteger al personal y a la mina de una explosión.

##### 4.1 Máquina Long Wall

Esta máquina eléctrica es de gran utilidad ya que facilita el proceso de tumbe, además la Long wall tiene soportes que permiten que avances mientras arranca el mineral, esto se puede observar en la *Figura 13*.

**Figura 13.***Máquina Long Wall*

Nota. Tomada de: Mining Komatsu (s.f.) Recuperado de. [https://mining.komatsu/docs/default-source/product-documents/underground/longwall-systems/longwall-systems-brochure-\(rsa-version\).pdf?sfvrsn=83190e6b\\_50](https://mining.komatsu/docs/default-source/product-documents/underground/longwall-systems/longwall-systems-brochure-(rsa-version).pdf?sfvrsn=83190e6b_50)

Las características eléctricas que tiene esta máquina se pueden observar en la *Tabla 10*

**Tabla 10.***Características Eléctricas de Máquina Long Wall*

Máquina Long wall	
Potencia [kW]	146
Voltaje [V]	575
Tipo de conexión	Trifásica

Nota. Tomada de: Mining Komatsu (s.f.) Recuperado de: [https://mining.komatsu/docs/default-source/product-documents/underground/longwall-systems/longwall-systems-brochure-\(rsa-version\).pdf?sfvrsn=83190e6b\\_50](https://mining.komatsu/docs/default-source/product-documents/underground/longwall-systems/longwall-systems-brochure-(rsa-version).pdf?sfvrsn=83190e6b_50)

## 4.2 Máquina perforadora

Esta máquina es utilizada para perforar las rocas, para posteriormente colocar explosivos, este tipo de máquina se puede observar en la *Figura 14*.

**Figura 14.**

*Perforadora*



Nota. Tomada de: Rock Technology (s.f.) Recuperado de:  
<https://www.rocktechnology.sandvik/globalassets/products/underground-drill-rigs-and-bolters/pdf/dd311-specification-sheet-english.pdf>

Las características eléctricas que tiene esta máquina se pueden observar en la *Tabla 11*

**Tabla 11.**

*Características Eléctricas de la Perforadora*

Máquina Perforadora	
Potencia [kW]	70
Voltaje [V]	380-575
Tipo de conexión	Trifásica

Nota. Tomado de: rock technology (s.f.) Recuperado de:  
<https://www.rocktechnology.sandvik/globalassets/products/underground-drill-rigs-and-bolters/pdf/dd311-specification-sheet-english.pdf>

### 4.3 Rozadora

Esta máquina eléctrica está conformada por un tambor giratorio con dientes que desprende fragmentos del material y los traslada por medio de una banda transportadora tal como se observa en la *Figura 15*.

#### Figura 15.

*Máquina Rozadora*



Nota. Tomada de: <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-corte-mec%C3%A1nico/rozadoras-para-miner%C3%ADa/rozadora-para-miner%C3%ADa-mr341/>

Las características eléctricas que tiene esta máquina se pueden observar en la *Tabla 12*

#### Tabla 12.

*Características Eléctricas de una Máquina Rozadora*

Máquina rozadora	
Potencia [kW]	434
Voltaje [V]	1000-1140
Tipo de conexión	Trifásica

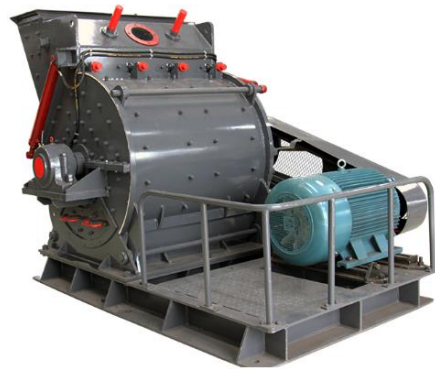
Nota. Tomado de: Rock Technology (s.f.) Recuperado de <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-corte-mec%C3%A1nico/rozadoras-para-miner%C3%ADa/rozadora-para-miner%C3%ADa-mr341/>

#### 4.4 Máquina trituradora

Esta máquina funciona con energía eléctrica y su función principal consiste en descomponer en trozos más pequeños el mineral que ingresa por la parte superior, tal como, se observa en la *Figura 16*.

#### Figura 16.

*Máquina Trituradora*



Nota. Tomado de: Alibaba (s.f.) Recuperado de: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/crushing-machinery-coal-mine-equipment-hammer-crusher-plant-60654390197.html>

Las características eléctricas que tiene esta máquina se pueden observar en la *Tabla 13*.

**Tabla 13.***Características Eléctricas de un Máquina Trituradora*

Máquina Trituradora	
Potencia [kW]	75-90-132
Voltaje [V]	-
Tipo de conexión	Trifásica

Nota. Tomado de: Alibaba (s.f.) Recuperado de: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/crushing-machinery-coal-mine-equipment-hammer-crusher-plant-60654390197.html>

#### 4.5 Motobombas

Las motobombas son utilizadas en el interior de las minas subterráneas para bombear agua hacia la superficie, en la *Figura 17*, se observa una motobomba típica utilizada para bombeo

**Figura 17.***Motobomba*

Nota. Tomado de: Alibaba (s.f.) Recuperado de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/hot-sale-underground-mine-dewatering-water-pump-62352010037.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.2d151ec3cT5aiq>

Las características eléctricas que tiene esta máquina se pueden observar en la *Tabla 14*.

**Tabla 14.**

*Características Eléctricas de las Motobombas*

Motobombas	
<b>Potencia [kW]</b>	50-1600
<b>Voltaje [V]</b>	110-1000
<b>Tipo de conexión</b>	Trifásica

Nota. Tomado de: Alibaba (s.f.) Recuperado de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/hot-sale-underground-mine-dewatering-water-pump-62352010037.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.2d151ec3cT5aiq>

#### **4.6 Banda transportadora**

Estas máquinas son muy utilizadas en minas subterráneas para transportar el material hacia la superficie o hasta la máquina trituradora, además estas máquinas son muy eficientes y aumentan la eficiencia en la producción del material

**Figura 18.***Banda Transportadora*

Nota. Tomado de: Alibaba (s.f.) Recuperado de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/underground-mining-sgb-420-30-scraper-conveyor-60795950902.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.39d47e5cJwslO0>

Las características eléctricas que tiene esta máquina se pueden observar en la *Tabla 15*

**Tabla 15.***Características Eléctricas de la Banda Transportadora*

Banda transportadora	
Potencia [kW]	50-1600
Voltaje [V]	110-1000
Tipo de conexión	Trifásica

Nota. Tomado de: Alibaba (s.f.) Recuperado de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/underground-mining-sgb-420-30-scraper-conveyor-60795950902.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.39d47e5cJwslO0>

## 4.7 Winche

Estas máquinas son utilizadas para extraer el material dentro de las minas subterráneas, además también se pueden transportar personal hasta el lugar de explotación o trabajo en la *Figura 19* se puede observar esta máquina.

### Figura 19.

*Winche*



Nota. Tomado de: Alibaba (s.f.) Recuperado de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/low-price-380v-three-phase-jm-5-ton-underground-mining-use-electric-winch-62384667000.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.37a0f9e0MwtVns&s=p>

Las características eléctricas que tiene esta máquina se pueden observar en la *Tabla 16*.

**Tabla 16.***Características Eléctricas de la Winche*

Winche	
Potencia [kN]	650
Voltaje [V]	380
Tipo de conexión	Trifásica

Nota. Tomado de: Alibaba (s.f.) Recuperado de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/low-price-380v-three-phase-jm-5-ton-underground-mining-use-electric-winch-62384667000.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.37a0f9e0MwtVns&s=p>

#### 4.8 Scooptram

Esta máquina tiene una alimentación eléctrica o por diésel, cuando su alimentación es eléctrica se utilizan baterías, por otra parte, la función de esta máquina es transportar el mineral desde punto hasta otro, su operación se puede hacer a control remoto, esta máquina puede observada en la *Figura 20*.

**Figura 20.***Scooptram*

Nota. Tomado de: Direct Industry (s.f.) Recuperado de:  
<https://www.directindustry.es/prod/epiroc/product-59040-1055033.html>

Las características eléctricas que tiene esta máquina se pueden observar en la *Tabla 17*.

**Tabla 17.***Características Eléctricas de una Máquina Scooptram*

Scoop Tram	
<b>Potencia [kW]</b>	0,582
<b>Voltaje [V]</b>	24-DC
<b>Tipo de conexión</b>	2 hilos

Nota. Tomado de: Direct Industry (s.f.) Recuperado de:  
<https://www.directindustry.es/prod/epiroc/product-59040-1055033.html>

## 5. Procesos realizados en baja tensión en minas subterráneas

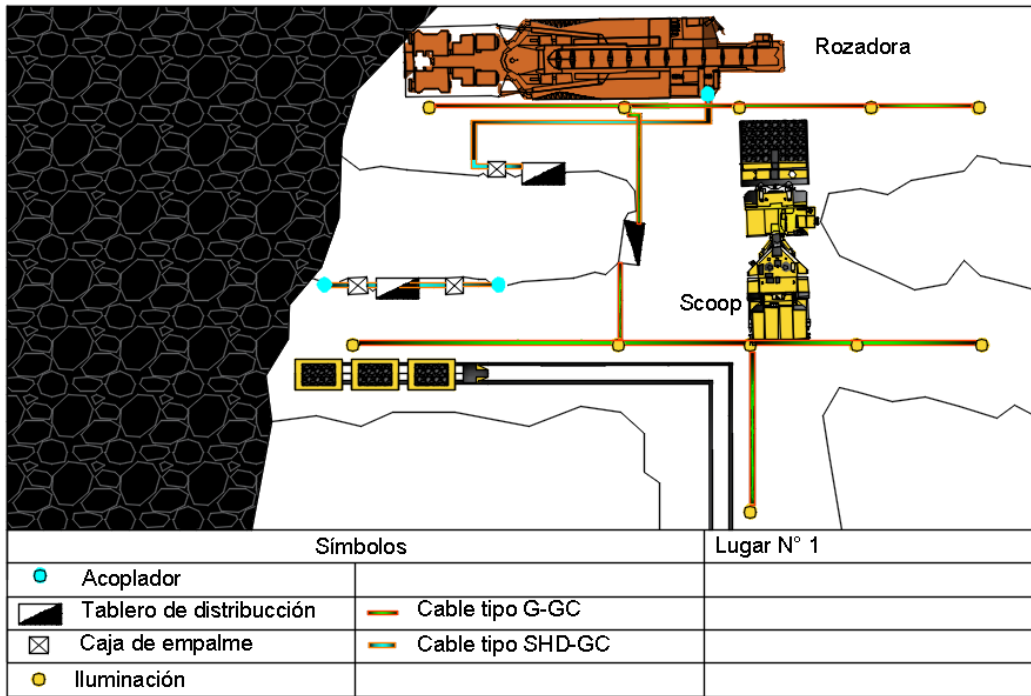
En este capítulo se diseñaron los planos eléctricos típicos en los diferentes procesos que se encuentran en una mina subterránea el régimen del neutro que se trabajo es IT, el régimen del neutro está aislado, no conectado a tierra o conectado a tierra por una resistencia muy elevada.

### 5.1 Proceso de arranque o tumbe

En este lugar ocurre el proceso de arranque o tumbe, procedimiento en el cual es necesario el uso de energía eléctrica para energizar o alimentar la gran variedad de equipos eléctricos utilizados, sin embargo, dependiendo del tipo de mina subterránea (roca dura o carbón) varia la maquinaria eléctrica utilizada. El plano eléctrico del proceso de tumbe en una mina subterránea de carbón, se puede observar en la *Figura 21*, el nivel de tensión de las salidas dependerá del nivel de tensión de máquina de corte por Rozadora o maquina longwall, además en las cajas eléctricas, se pueden incluir elementos eléctricos, aumentando en ellos las protecciones de IP e IK, volviendo el sistema eléctrico más confiable y seguro.

**Figura 21**

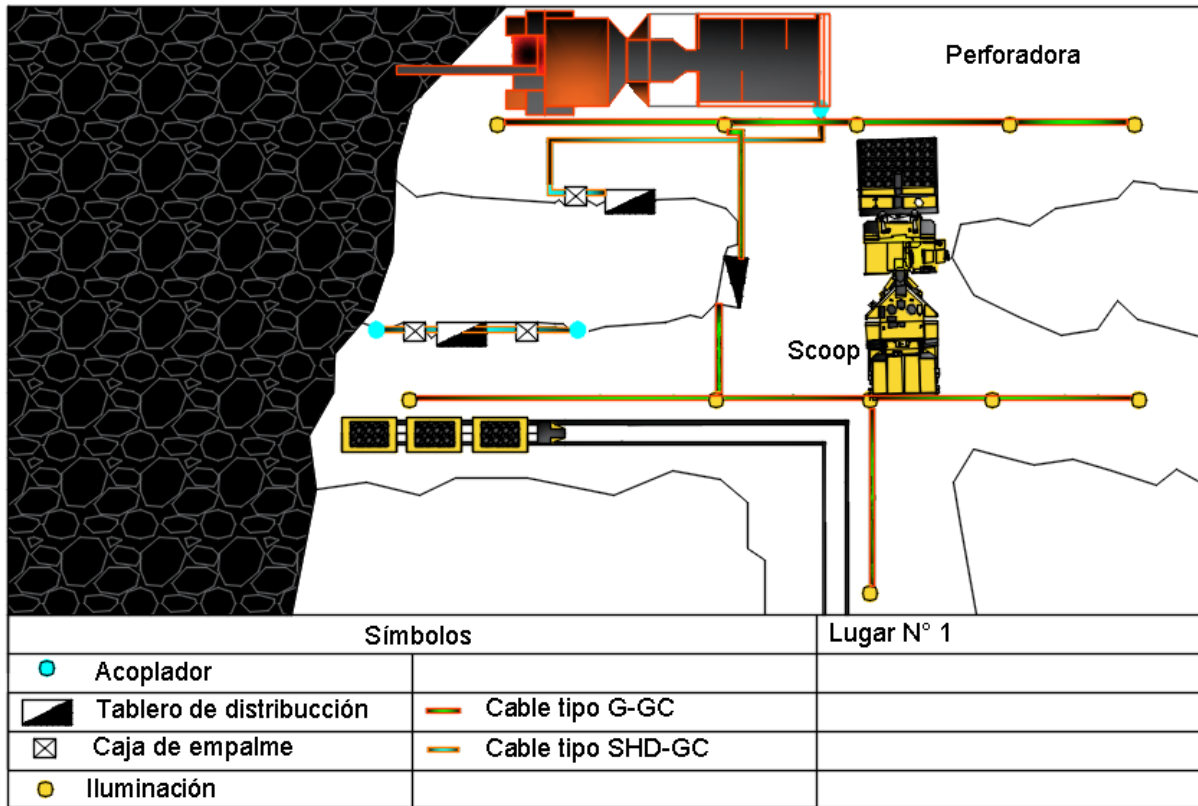
*Proceso de Tumba en Mina Subterránea de Carbón*



Por otra parte, el plano del proceso de tumba en una mina subterránea de roca dura se puede observar en la *Figura 22*, en este caso la tensión de salida de los equipos dependerá de la salida eléctrica de la Perforadora de desarrollo.

Figura 22.

Proceso de tumba en mina subterránea de roca dura



Al realizar los planos eléctricos en minas subterráneas se aconseja manejar las herramientas y maquinas eléctricas a un mismo nivel de tensión, para así evitar las diferentes tensiones en los tableros de distribución.

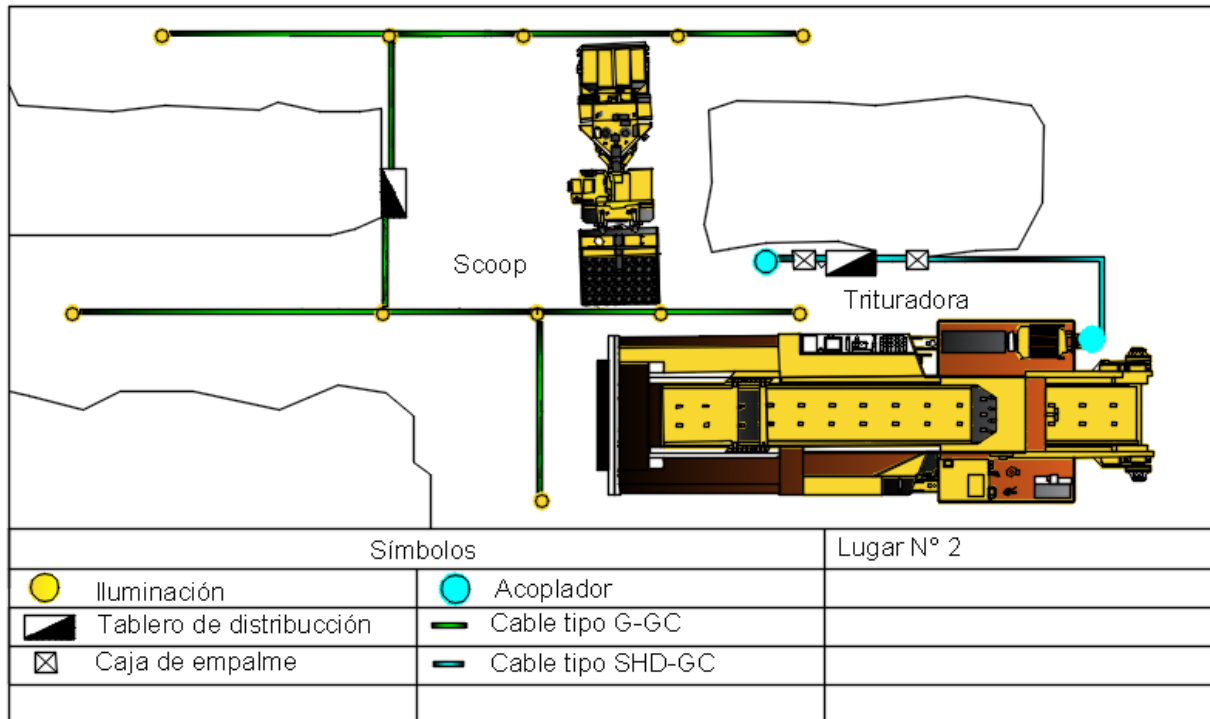
### 5.2 Proceso de triturado

En este lugar ocurre el proceso de triturado del material, normalmente se utiliza una máquina trituradora eléctrica, que transforma en trozos más pequeños el material para posteriormente dejarlo caer a un cargadero por medio de una tolva.

En minas subterráneas de carbón y roca dura el esquema eléctrico del proceso de triturado es el mismo, y este esquema se observa en la *Figura 23*.

**Figura 23.**

*Proceso de tumba en minas subterráneas*



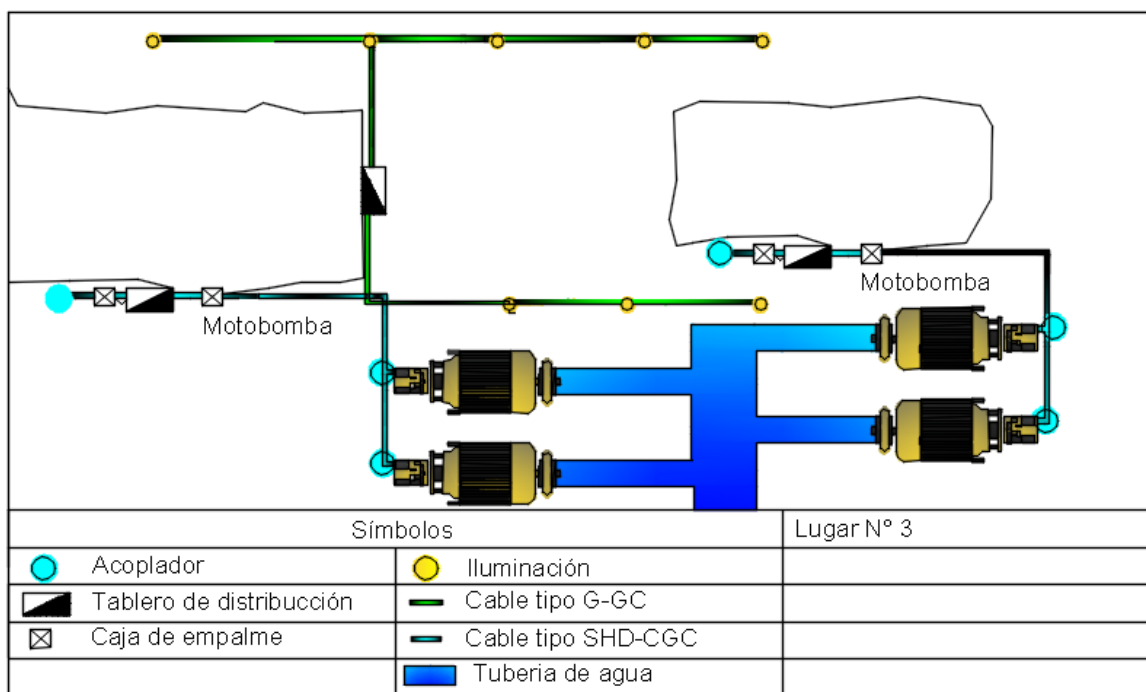
### 5.3 Proceso de bombeo

En este lugar se debe tener una atención especial, esto debido a las condiciones de humedad y temperatura en que se encuentran las maquinas eléctricas instaladas. Por este motivo la instalación eléctrica deberá estar previstas para escenarios donde se encuentren agua y humedad.

Por otro lado, el plano eléctrico de esta zona se puede observar en la *Figura 24*, donde se aprecia la instalación de los equipos eléctricos, dentro de cajas eléctricas para así aumentar su nivel de protección IP e IK.

**Figura 24.**

*Sumidero*



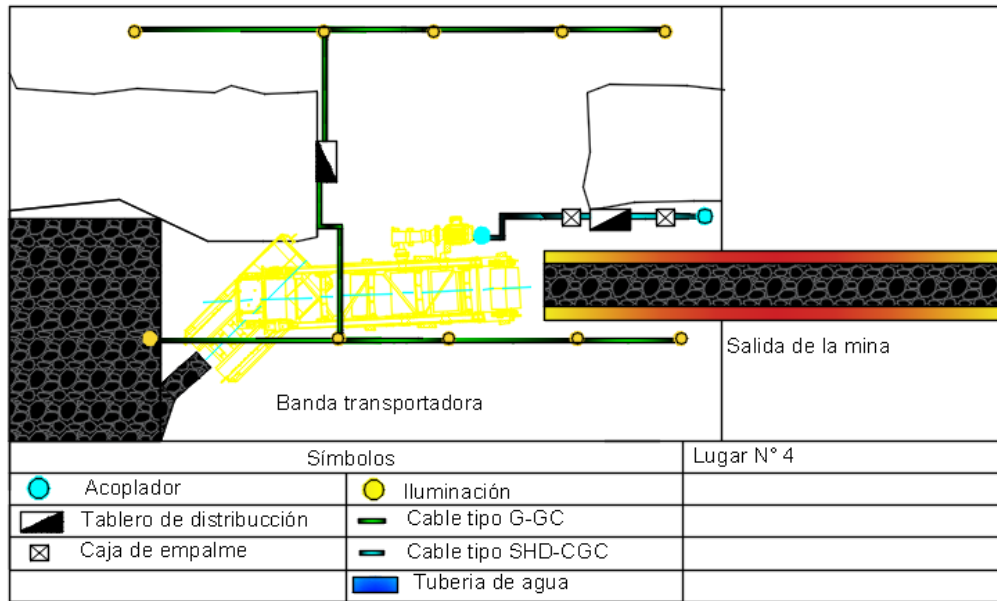
### 5.4 Proceso de transporte de material

En este lugar, se utiliza una máquina que puede ser winche o banda transportadora, para la extracción del mineral que está en el cargadero, esta máquina, funciona con energía eléctrica, y consta de un motor que permite el movimiento del cajón de extracción de material dentro de la

mina subterránea, Por otro lado, en la *Figura 25*, se observa el esquema eléctrico del proceso de transporte de material.

**Figura 25.**

*Proceso de transporte*



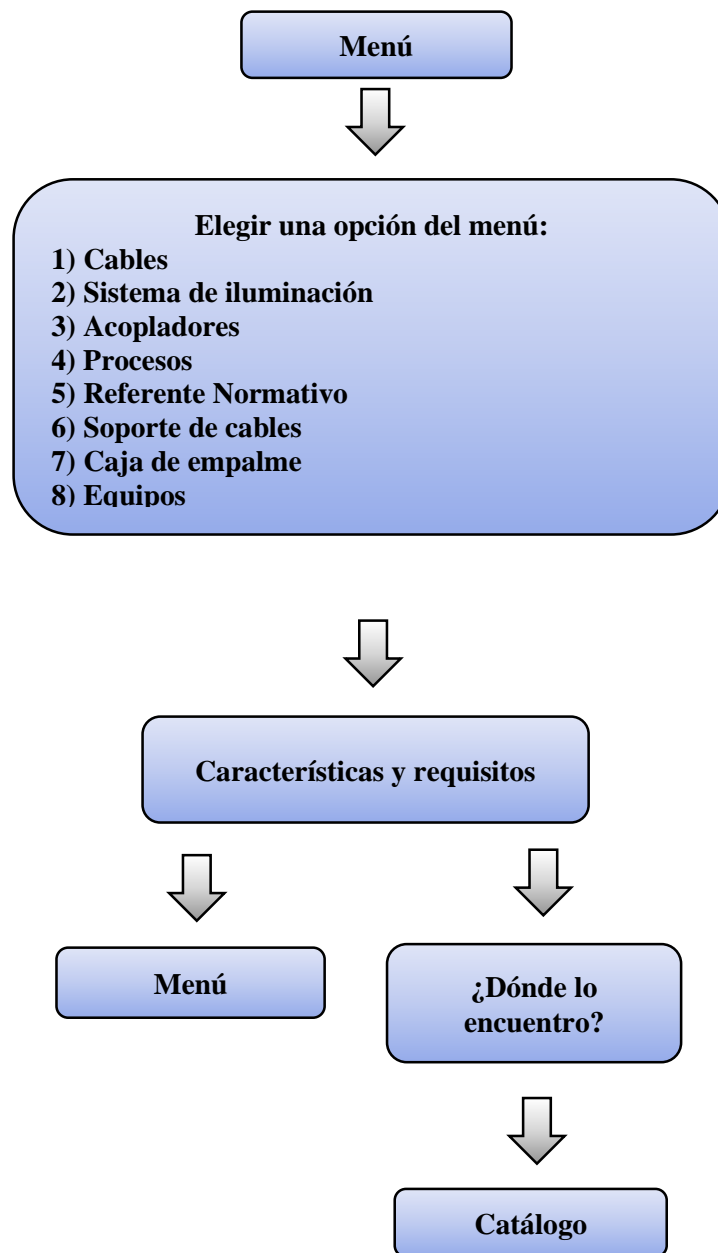
## **6. Herramienta de ayuda para los requisitos generales y materiales eléctricos de baja tensión usados en minas subterráneas**

Esta herramienta fue desarrollada en el aplicativo Excel y tiene 14 pestañas, donde se encuentra información de los equipos y elementos de una instalación eléctrica en baja tensión en minas subterráneas de carbón y roca dura.

Por otra parte, la herramienta está conformada por hipervínculos para el fácil manejo. Cada hipervínculo direcciona a una pestaña o catálogo. Hay pestañas que tiene páginas web que facilitan la búsqueda de proveedores de material eléctrico que cumple con los certificados correspondientes.

### **6.1 Manual de uso de la herramienta**

Para el fácil entendimiento de la instalación eléctrica de circuitos ramales en minas subterráneas de carbón y roca dura, se ha diseñado una herramienta muy sencilla de utilizar y que permite el acceso a catálogos y proveedores de los materiales eléctricos requeridos para la instalación, como se observa en el flujograma, donde este aplicativo inicia con el Menú y esta compuesta por un conjunto de opciones, de los cuales se describen las características que deben tener los materiales eléctricos en mina subterránea y que finaliza con el retorno al Menú o a un catálogo de este material.



Al abrir el programa lo primero que observaremos es el Menú, (Ver *Figura 26*). En ese menú se señalan las siguientes opciones para consultar:

- Cables.
- Sistema de iluminacion.
- Acopladores.
- Procesos
- Normativo Referente
- Soporte de cables
- Caja de empalme o paso
- Equipos

**Figura 26.**

*Menú Programa Desarrollado en Excel*



Por otra parte en la *Figura 27*, se detalla los requisitos y características de las opciones encontradas en la pestaña menú, además en la pestaña de requisitos y características de los materiales hay hipervínculo a los catálogos del productos que se mencionan ahí.

**Figura 27**

*Requisitos de Acopladores*

**ACOPLADORES EN MINAS SUBTERRÁNEAS**

**Requisitos para acopladores**

Los acopladores son elementos que unen los cables con los diferentes equipos eléctricos, estos acopladores al encontrarse en ambientes especiales deben cumplir con unos requisitos generales y estos son los siguientes:

- 1) "Para acopladores de conexión rápida que unan cables de alimentación portátil y operen a una tensión superior a 150 voltios deberán tener una resistencia mecánica superior al conductor" (GRO-UP, DECEMBER 2016, pág. 26).
- 2) "Para acopladores de conexión rápida que unan cables de alimentación portátil y operen a una tensión superior a 250 voltios deberá contar con un medio de boqueo mecánico ver figura 42" (GRO-UP, DECEMBER 2016, pág. 26).
- 3) Al conectar un equipo a un acoplador se debe garantizar que el conductor que primero hará contacto será el de tierra y posteriormente los conductores de fase, por otra parte si el equipo se quiere desconectar del acoplador se debe garantizar que los conductores que primero se desconectaran serán los de fase y

Características de los acopladores en minas subterráneas				
Tipo de mina	Grado de protección IP	Grado de robustez mecánica IK	Certificación	Características adicionales
Mina de carbón	IP44	IK10	Atex Clase I Grupo (M1 o M2) o MSELA	Los acopladores presentarán bloques mecánicos.
Mina de roca dura	IP34	IK10	No aplica	

¿ dónde lo pueda encontrar?

Este programa es de manejo intuitivo y de gran aplicación al uso de instalaciones eléctricas de circuitos ramales en minas subterráneas de carbón y roca dura, ya que cuenta con catálogos que cumplen con los requisitos y características descritas en este documento, así sucesivamente con cada opción encontrada en el menú.

## 6.2 Actualizar contenido a la herramienta

Al momento de actualizar o agregar contenido en la herramienta, lo primero que se realiza es determinar el lugar de la pestaña donde encuentra la información en esta capítulo las pestañas son las siguientes:

- Menú
- Referente Normativo
- Procesos
- Proceso de tumbe
- Proceso de Triturado
- Proceso de Bombeo
- Proceso de Transporte
- Equipos
- Link
- Sistema de iluminación
- Cajas de conexión
- Soportes
- Acopladores
- Cables
- Código de colores

Si se desea actualizar alguna información solo se dirige a la pestaña de interés y ahí podrá cambiar, por otro lado, si lo que desea es agregar información lo primero que debe hacer es agregar un botón en la pestaña de menú donde se encontrará el título de la información que desea agregar,

además se tendrá que agregar una pestaña con dicha información y crear un hipervínculo con el botón del menú ya mencionado.

## 7. Conclusiones

En Colombia, la normativa respecto a las instalaciones eléctricas en minas subterráneas es aún débil y se presta a malas interpretaciones. En el RETIE hay unos lineamientos básicos para estas instalaciones, pero no deja claras las normas que aplican. Es importante recalcar aquí que en el gremio de electricistas se suele generalizar el uso de la NTC 2050 para las instalaciones de uso final, pero debe quedar claro la NTC 2050 en su alcance señala que no abarca las instalaciones eléctricas en minas.

Las minas subterráneas se pueden clasificar en dos grandes grupos: las de roca dura y las de carbón. En las minas subterráneas de carbón hay mayores riesgos que en las de roca duras dado que se crean atmósferas explosivas debido a la presencia del grisú, que es un gas compuesto principalmente de metano. Entonces, en las minas de carbón es muy importante clasificar las áreas o determinar el tipo de ambiente en los distintos lugares de la mina y en correspondencia con dicho ambiente seleccionar los equipos y materiales apropiados para los circuitos ramales de la instalación eléctrica. Esos requisitos están muy bien definidos en las normas MSHA de los Estados Unidos o en las directivas ATEX para la Unión Europea. Por otro lado, en minas subterráneas de roca dura, para la selección de materiales y equipos de la instalación eléctrica, se debe prestar atención principalmente en las envolventes que deben tener cierta resistencia al impacto medida en grados IK, así como cierta capacidad para impedir la entrada de polvo y líquidos lo cual se mide en grados IP. Esas consideraciones para las envolventes también se deben tener en cuenta en las minas de carbón.

En el diseño eléctrico de las minas es recomendable considerar equipos que trabajen a los mismos niveles de tensión. Eso evitará accidentes o malfuncionamiento de equipos por la multiplicidad de niveles de tensión que pudieran llegar a encontrarse en la instalación. Por otro lado, si las zonas son explosivas estos equipos deberán estar certificados por el MSHA o ATEX para este tipo de ambiente.

Se desarrolló un aplicativo en Excel que permite conocer, para las minas subterráneas, las características de los materiales que se pueden utilizar para construir los circuitos ramales que alimentan las diferentes máquinas y salidas más usuales en minas. También se registran los requisitos de instalación de esos elementos y se agregaron hipervínculos a catálogos donde se encuentran ejemplos de esos elementos y sus características.

### Referencias bibliográficas

Agencia Nacional de Minería. (2018). *Seguridad Minera*.

Canales Pérez, F. S. (2011). *Nociones específicas para puesta a tierra en instalaciones*. Santiago de Chile.

Decreto 1886. (2015). *Decreto 1886*. Bogota.

Dirección de Minería Empresarial. (2019). *Análisis del comportamiento del PIB minero cuatro trimestre de 2018*. Bogotá D.C.

ICONTEC. (1998). *Norma técnica colombiana NTC 2050*. ICONTEC.

M421-16. (2016). Use of electricity in mines M421-16. 103.

Ministerio de minas y energía. (2013). *Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE)*. Bogota D. C.

Ministerio de minas y energía. (30 de 7 de 2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Bogotá D. C., Colombia.

Norma Oficial Mexicana NOM-032-STPS-2008. (22 de 12 de 2008). *seguridad para minas subterráneas de*. Mexico, Mexico.

NTC 2050. (1998). *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2050*. ICONTEC.

NTC 6057. (2014). *NTC 6057*. ICONTEC.

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE. (30 de 7 de 2013). Anexo general del retie  
Resolución 9 0708 de agosto 30 de 2013 con sus ajustes. Bogota D.C., Colombia.

Secretario del Trabajo y Prevención Social. (22 de 12 de 2008). NORMA Oficial Mexicana NOM-  
032-STPS-2008 Seguridad para minas subterráneas de carbón. . Mexico, Mexico.