



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL:**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE PARADA DE EMERGENCIA  
(PULLCORD) RSB PARA LA FAJA TRANSPORTADORA  
OVERLAND DE 5.2 KM - SOCIEDAD MINERA EL BROCAL”**

**PRESENTADA POR EL BACHILLER:**

**JAVIER EDWIN CASO RAMOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**LIMA-PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A mis padres por el apoyo incondicional, que nunca dejan de motivarme.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme salud, fortaleza y trabajo.  
A la empresa minera EL BROCAL S.A., por permitirme tener acceso a información en las áreas correspondientes y todos los recursos ofrecidos para elaborar este trabajo, esperando que sea para el beneficio de la misma, de sus directivos y de sus colaboradores.

## RESUMEN

El presente proyecto comprende el diseño para una futura implementación de un sistema de parada de emergencia (Pull Cord) para la faja transportadora OVERLAND de la minera EL BROCAL.

El sistema utilizará el diseño de un control automatizado implementando Pull Cord RS/RSB, desde la JB Junction Box (Caja de Conexiones), en ambos lados de la faja transportadora; utilizando sensores Travel Switch de (desalineamiento de faja), el cual recibirá la señal de referencia desde los sensores. Estos sensores transmitirán información al JB, que activara y desactivara el sistema de paro de emergencia cuando cierra el circuito de lazo cerrado cambiando de estado NA/NC o inversamente.

El proyecto tienen como objetivo principal la optimización de los procesos de producción, manejo, transporte y disposición del mineral, los mismos que se desarrollan en el área de instrumentación y automatización en control de procesos industriales, sin embargo nos resulta de vital importancia al optar por el control de sistemas de parada de emergencia por encima de los niveles convencionales como solución tecnológica ante problemas tales como: atrapamiento en la faja transportadora, desalineamiento de faja, rotura de fajas, para los procesos de transporte de minerales en todo el área desde chancado primario hasta molienda en la planta concentradora.

Esta investigación tiene como alcance plantear una solución a los problemas mencionados proyectando optimizar los procesos reduciendo al mínimo los accidentes laborales, también se busca otorgar al ingeniero de control de procesos, pautas para el dimensionamiento y diseño de sistemas de protección y transporte de mineral chancado de manera consecutiva y segura.

## **ABSTRACT**

This project includes the design for a future implementation of an emergency stop system (Pull Cord) for the OVERLAND conveyor belt of the EL BROCAL mining company.

The system will use the design of an automated control implementing Pull Cord RS / RSB, from the JB Junction Box, on both sides of the conveyor belt; using Travel Switch sensors (belt misalignment), which will receive the reference signal from the sensors. These sensors will transmit information to the JB, which will activate and deactivate the emergency stop system when it closes the closed loop circuit changing state NA / NC or vice versa.

The main objective of the project is to optimize the processes of production, handling, transport and disposal of the mineral, which are developed in the area of instrumentation and automation in industrial process control, however it is of vital importance to us to opt for the control of emergency stop systems above conventional levels as a technological solution to problems such as: entrapment in the conveyor belt, belt misalignment, strip breakage, for the processes of transporting minerals in the entire area from primary crushing until grinding in the concentrator plant.

This investigation has as its scope to propose a solution to the mentioned problems projecting to optimize the processes reducing to the minimum the labor accidents, it is also sought to grant to the engineer of process control, guidelines for the sizing and design of systems of protection and transport of crushed ore from consecutive and safe way.

## TABLA DE CONTENIDOS

Contenido	Pág
<b>DEDICATORIA</b> .....	II
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	III
<b>RESUMEN</b> .....	IV
<b>ABSTRACT</b> .....	V
<b>TABLA DE CONTENIDOS</b> .....	VI
<b>INDICE DE GRAFICOS</b> .....	VIII
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	X
<b>CAPÍTULO I - GENERALIDADES DE LA EMPRESA</b> .....	1
1.1. Antecedentes de la empresa. ....	2
1.1.1. Nombre de la Institución. ....	2
1.1.2. Rubro o Giro del Negocio.....	2
1.1.3. Breve Historia.....	2
1.2. Perfil de la empresa. ....	2
1.3. Actividades de la empresa. ....	5
1.3.1. Misión.....	5
1.3.2. Visión.....	5
1.3.3. Objetivos Estratégicos.....	5
1.4. Organización actual de la empresa. ....	6
1.4.1. Análisis del entorno competitivo.....	7
1.4.2. Análisis de la posición competitiva - Factores claves de éxito .....	7
1.5. Descripción del entorno de la empresa .....	8
1.5.1. Recursos y capacidades .....	8
1.5.2. Análisis de la cadena de valor .....	10
1.6. Análisis estratégico. ....	11
1.6.1. Análisis FODA. ....	11
1.6.2. Matriz FODA.....	13
<b>CAPÍTULO II - REALIDAD PROBLEMÁTICA</b> .....	14
2.1. Descripción de la realidad problemática .....	15
2.2. Análisis del problema .....	15
2.3. Objetivos .....	17
<b>CAPÍTULO III - DESARROLLO DEL PROYECTO</b> .....	18
3.1. Descripción y desarrollo del proceso. ....	19

3.1.1. Especificaciones Técnicas: .....	19
3.1.2. Soporte teórico del Proyecto.....	25
3.1.3. Fundamentos del Proyecto. ....	36
3.1.4. Funcionamiento.....	36
3.1.5. Alcances del Proyecto.....	42
3.1.6. Estructura del Diseño.....	42
3.1.7. Análisis de la Futura implementación del Proyecto. ....	47
3.2. Conclusiones.....	49
3.3. Recomendaciones .....	51
<b>CAPÍTULO IV - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>52</b>
4.1. BIBLIOGRAFÍA. ....	53
<b>CAPÍTULO V - GLOSARIO DE TÉRMINOS.....</b>	<b>54</b>
5.1. GLOSARIO DE TÉRMINOS. ....	55
<b>CAPÍTULO VI – ANEXOS .....</b>	<b>56</b>
Anexo 1 - Cronograma del Proyecto. ....	57
Anexo 2 - Hitos del Proyecto. ....	59
Anexo 3 – Cuadro de Costos.....	60
Anexo 4 - Matriz de asignación de Responsabilidades. ....	61
Anexo 5 - Directorio De Interesados Del Proyecto. ....	63
Anexo 6 - Diagrama De Ishikawa Identificación de Riesgos Del Proyecto. ....	63
Anexo 7 - Junction Box (caja de conexiones) Tablero integrador .....	64
Anexo 8 - Integración con faja transportadora 2a, 2b, 2c.....	64
Anexo 9 - Integración con Faja transportadora 3a, 3b, 3c .....	65
Anexo 10 - Conexionados contactos internos Pull Cord .....	65
Anexo 11 - Instalación de Cable de acero Pull Cord.....	66
Anexo 12 - Conexionado de contactos internos Travel Switch .....	66
Anexo 13 - Travel Switch .....	67
Anexo 14 - Pull Cord.....	67
Anexo 15 - Faja Transportadora Overland. ....	68

## INDICE DE GRAFICOS

<b>Contenido</b>	<b>Pág</b>
<b>Figura 1</b> , Mina Tajo Norte. Fuente. Minera El Brocal.....	3
<b>Figura 2</b> , Mina Marcapunta Norte. Fuente: Minera El Brocal.....	3
Figura 3, Circuito de Chancado y Lavado del mineral de la Minera El Brocal. Fuente: Minera el Brocal. ....	4
<b>Figura 4</b> , Diagrama de la organización actual de la empresa. Fuente: Minera El Brocal.....	6
<b>Figura 5</b> , Análisis de las fuerzas competitivas Porter. Fuente: Marketing maimonides. ....	8
<b>Figura 6</b> , Perdidas económicas por accidentes en la faja transportadora. Fuente: Elaboración propia. ....	16
<b>Figura 7</b> , Esquema de funcionamiento de una faja transportadora. Fuente: Rotrans.....	21
<b>Figura 8</b> , Características de Faja Transportadora Minera El Brocal. Fuente: www.elbrocal.com .....	21
<b>Figura 9</b> , Esquema Conexión 1. Fuente: Elaboración propia. ....	27
<b>Figura 10</b> , Esquema Conexión 2. Fuente: Elaboración propia. ....	28
<b>Figura 11</b> , Esquema Conexión 3. Fuente: Elaboración propia. ....	29
<b>Figura 12</b> , Esquema Conexión 4. Fuente: Elaboración propia. ....	30
<b>Figura 13</b> , Esquema Conexión 5. Fuente: Elaboración propia. ....	31
<b>Figura 14</b> , Partes del Pull Cord. Fuente: ABB Perú.....	33
<b>Figura 15</b> , Diagrama de Interruptor de emergencia por tracción. Fuente: ABB Perú instruments. ....	33
<b>Figura 16</b> , Tensor de Tornillo. Fuente: ABB Perú Instruments.....	34
<b>Figura 17</b> , Instalación de Tensor/Mordaza. Fuente: ABB Perú Instruments. ....	34
<b>Figura 18</b> , Ejemplo de la polea cambio de dirección. Fuente: ABB Perú Instruments. ....	35
<b>Figura 19</b> , Pull Cord Tracción doble. Fuente: ABB Perú Instruments. ....	35
<b>Figura 20</b> , Programación de PLC S7 1200 en TIA PORTAL V14. Fuente: Elaboración propia. ....	38
<b>Figura 21</b> , Grafica del segmento 1 "Faja en Funcionamiento". Fuente: Elaboración propia.....	38
<b>Figura 22</b> , Grafica del segmento 2 "START / STOP". Fuente: Elaboración propia. ....	39
<b>Figura 23</b> , Grafica del segmento 3 "Alarma de Paro". Fuente: Elaboración propia.....	40



<b>Figura 24</b> , Grafica del segmento 4 "Accionamiento Secundario". Fuente: Elaboración propia.....	40
<b>Figura 25</b> , Grafica del segmento 5 "Estado Finalizar". Fuente: Elaboración propia.....	41
<b>Figura 26</b> , Marcha del Programa PLC S7 1200 - TIA PORTAL V14. Fuente: Elaboración propia.....	41
<b>Figura 27</b> , Esquema General Del Sistema De Parada De Emergencia. Fuente: Elaboración Propia. ....	43
<b>Figura 28</b> , Ubicación De Bases De Pull Cord. Fuente: Conveyor Components.....	44
<b>Figura 29</b> , Diseño De Base De Instalación De Pull Cord. Fuente: Elaboración Propia.....	44
<b>Figura 30</b> , Diseño De Instalación Pull Cord. Fuente: Elaboración Propia. ....	45
<b>Figura 31</b> , Contactos Internos Del Pull Cord. Fuente: Elaboración Propia.....	45
<b>Figura 32</b> , Esquema De Fuerza De Parada De Emergencia. Fuente: Elaboración Propia. ....	46
<b>Figura 33</b> , Esquema De Control De Parada De Emergencia. Fuente: Elaboración Propia. ....	47
<b>Figura 34</b> , Instalación De Pull Cord Con Accesorios. Fuente: Elaboración Propia. ....	47

## INTRODUCCIÓN

En el sector minero optimizar la producción de mineral y de la mano reducir los riesgos laborales durante su proceso, es una prioridad importante que se imponen en la actualidad. también podemos mencionar que la producción requerida por las mineras, implementando la instalación de sistemas de protección y paradas de emergencias más eficientes y mejorando la productividad. Todas esas acciones fueron consideradas en la elaboración de este proyecto y desde ellas se propició el mejoramiento basado en objetivos que fueron cumplidos a través de la ingeniería y sistemas automatizados.

Dando prioridad a la planta concentradora y la faja transportadora, en el presente trabajo se diseña un sistema que propone actualizar la tecnología del sistema de parada de emergencia para optimizar el acarreo de los minerales, reducir accidentes durante su operación, evitar daños en la faja y sus componentes.

Este sistema funciona de forma que al accionar por medio de las cuerdas en caso del pullcord (accionamiento manual), y al accionar el brazo en caso del travel switch (accionamiento automático por la faja), los contactos NC se accionan y cambian de estado a NA, enviando una señal al PLC en el tablero CP. Este CP envía una señal de paro a los variadores de velocidad de los motores de la polea de cabeza y cola de la faja transportadora. Produciendo un paro general de la faja en que se acciono este dispositivo de parada de emergencia (Pullcord, Travel Switch). Este paro es para evitar daños al personal (atrapamiento de personas), equipos (rotura de faja, polines o poleas, cables de alimentación y contorno a la faja); o medio ambiente (derrame de mineral).

El desarrollo de la implementación está a cargo del personal del área de control de procesos e instrumentación industrial, tras realizarse estudios, diagnóstico y plan de trabajo necesarios para cumplir el objetivo planteado.

El diseño del sistema genera una gestión de seguridad y producción, la misma que será decidida por el directorio de la Minera El Brocal, esto debido al creciente índice de accidentes fatales suscitados en fajas transportadoras y a la necesidad de transportar grandes volúmenes de mineral, de forma continua para mejorar la productividad en su procesamiento.

**CAPÍTULO I**  
**GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

## **1.1. Antecedentes de la empresa.**

### **1.1.1. Nombre de la Institución.**

SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.

### **1.1.2. Rubro o Giro del Negocio.**

La actividad de la empresa minera El Brocal está dedicada a la extracción, comercialización y concentración de minerales polimetálicos: plata, plomo, zinc y cobre. La empresa realiza sus operaciones en las Unidades Mineras de Colquijirca y la Planta Concentradora de Huaraucaca, localizadas en el distrito de Tinyahuarco, Provincia de Pasco, Departamento y Región de Pasco, Perú. Sus oficinas administrativas están localizadas en el distrito de San Isidro, en la ciudad de Lima, Perú.

### **1.1.3. Breve Historia.**

Los orígenes de la empresa yacen desde la época pre-incaica. Se sabe que la tribu de los Tinyahuarcos, extraían la plata de las faldas del cerro ubicado frente a Puntamarca, que por poseer abundancia y calidad desde aquellos tiempos era conocido como GOLGUE (plata), JIRCA (cerro), hoy Colquijirca, es decir “cerro de la plata”. La historia nos cuenta que cuando hubo que pagar el rescate del Inca Atahualpa, se recibió la orden de enviar a Cajamarca toda la existencia almacenada de minerales preciosos que se tenían en Golguejirca.

## **1.2. Perfil de la empresa.**

Sociedad Minera El Brocal S.A.A. en su unidad minera Colquijirca, Tinyahuarco, Cerro de Pasco, realiza sus operaciones de explotación bajo el método de tajo abierto en la mina denominada Tajo Norte y subterránea en la mina Marcapunta Norte.

Asimismo, las minas Marcapunta Oeste y San Gregorio constituyen los proyectos de exploración más importantes. Comienza el proceso con la exploración y explotación; el

proceso de operación a mina Tajo Norte, es una operación a tajo abierto que explota minerales de contenido polimetálico.



**Figura 1,** *Mina Tajo Norte. Fuente: Minera El Brocal.*



**Figura 2,** *Mina Marcapunta Norte. Fuente: Minera El Brocal.*

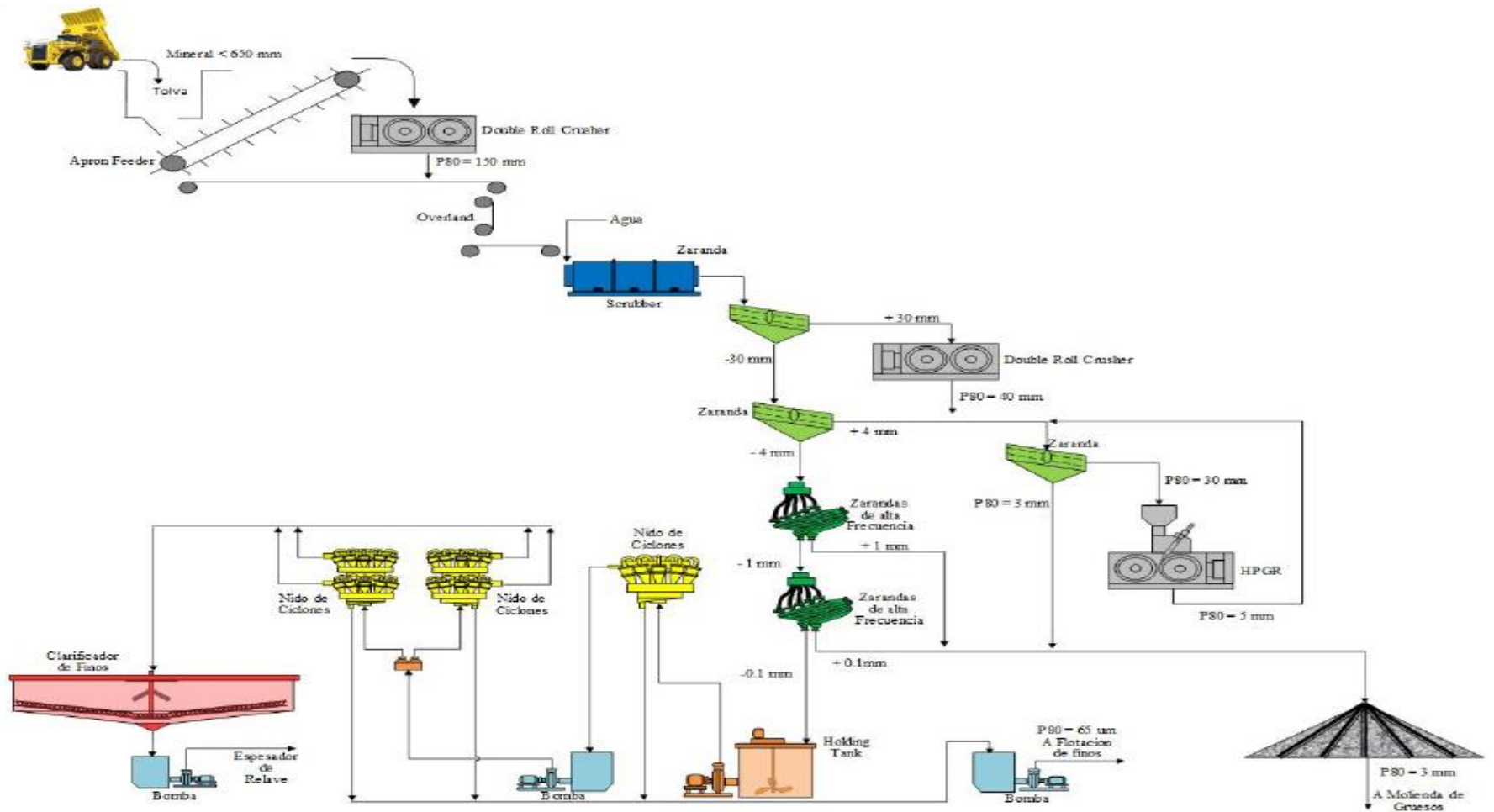


Figura 3, Circuito de Chancado y Lavado del mineral de la Minera El Brocal. Fuente: Minera el Brocal.

## **1.3. Actividades de la empresa.**

### **1.3.1. Misión.**

Producir concentrados de minerales y metales, garantizando la creación de valor para nuestros accionistas. Realizar actividades de exploración, asegurando la continuidad del proceso de explotación del mineral, generando oportunidades de desarrollo para nuestros colaboradores y las comunidades aledañas. Mantener el compromiso de operar y desarrollar los proyectos con innovación, eficacia, seguridad, responsabilidad social/ambiental y buen gobierno corporativo.

### **1.3.2. Visión.**

El Brocal es una empresa minera metalúrgica moderna, que opera con rentabilidad en sus inversiones; contando con amplios recursos y reservas de mineral que garantizan su sostenibilidad y crecimiento en mediano y largo plazo, en base a modernas operaciones mineras que opera con responsabilidad para con su entorno.

### **1.3.3. Objetivos Estratégicos.**

- Mejorar la producción.
- Reducir y minimizar riesgos de incidentes y accidentes.
- Mejorar las relaciones con el entorno.
- Optimizar el funcionamiento de los procesos.
- Integrar las áreas funcionales.
- Desarrollar la producción con tecnología actual.



### 1.4. Organización actual de la empresa.

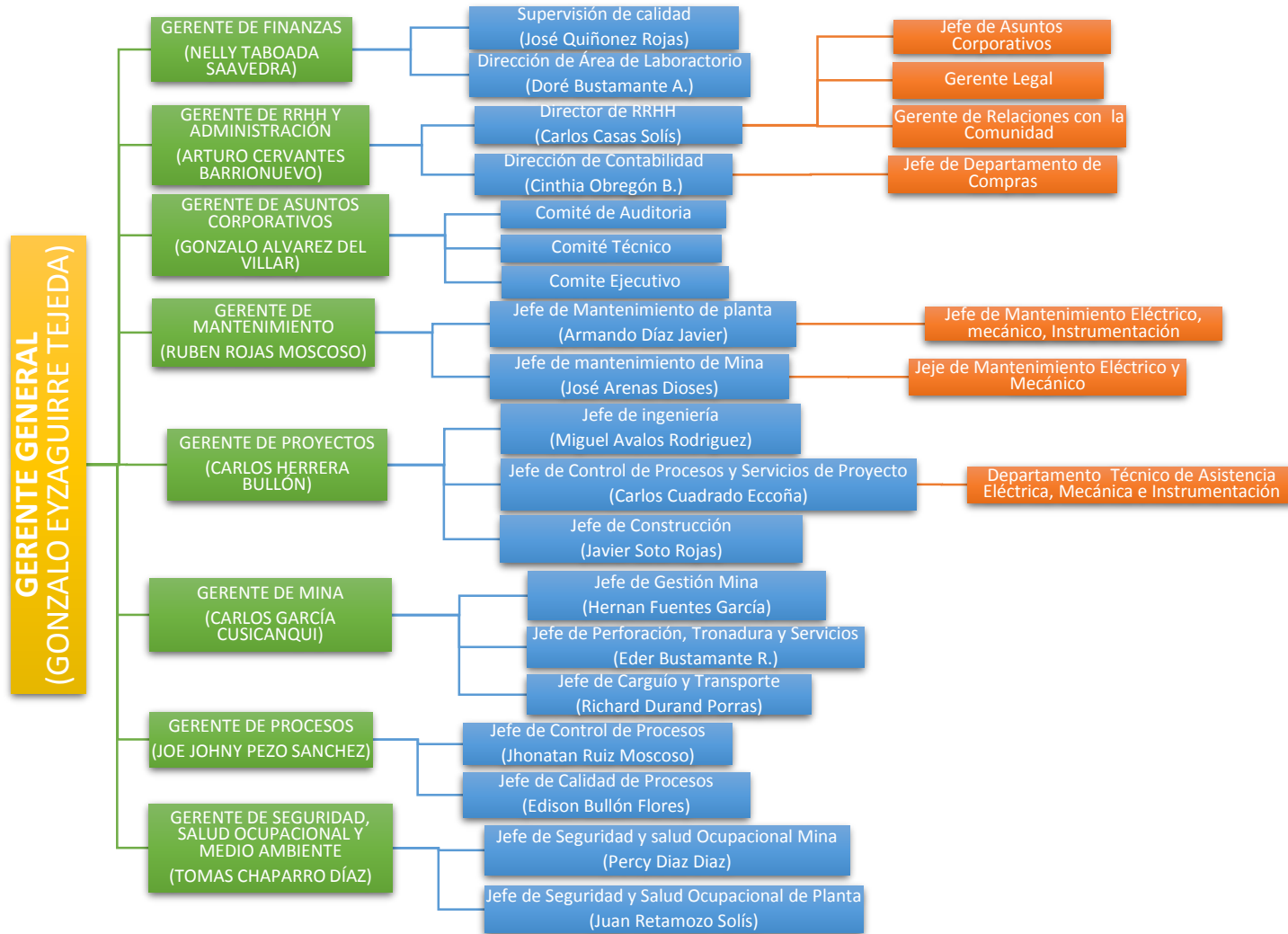


Figura 4, Diagrama de la organización actual de la empresa. Fuente: Minera El Brocal.

#### **1.4.1. Análisis del entorno competitivo.**

El Brocal juega un rol de gran importancia en la industria del cobre y plata principalmente y los demás minerales. De hecho, la Corporación se ha mantenido como el principal productor de cobre y plata del Perú desde que empezó sus operaciones en el año 1886. El Brocal con el 13,8 % de la producción de cobre del Perú, en 2014 una vez concluido la ampliación de operaciones y procesamiento de mineral, supera notoriamente a su más próximo competidor, en cuanto a volumen de producción se refiere.

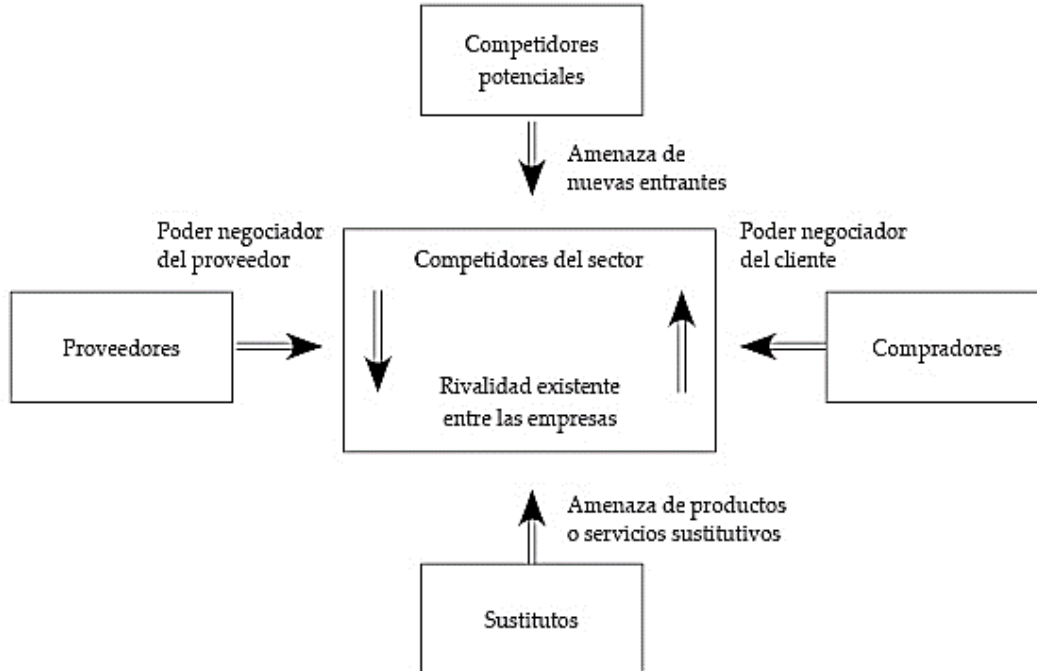
De otra forma, de vital importancia para el futuro liderazgo de El Brocal en la producción de cobre, la Corporación posee aproximadamente el 18% de las reservas de cobre y plata identificadas en el Perú. El conjunto de las reservas del país, de todas las empresas que operan incluyendo El Brocal, ascienden a 42% de las reservas nacionales de cobre y plata.

#### **1.4.2. Análisis de la posición competitiva - Factores claves de éxito.**

El análisis competitivo de la minera El Brocal consiste en relacionar a la empresa con su entorno, ayudando a identificar las fortalezas y debilidades de la empresa, así como las oportunidades y amenazas que afectan dentro del mercado de producción de cobre y plata. Este análisis es primordial en la dirección de la empresa ya que depende de los resultados y con la obtención de datos, se genera una lluvia de ideas que por consiguiente se adicionará la base sobre la que se diseñará la estrategia.

La competencia de El Brocal está integrada por las empresas que actúan en el mismo mercado y realizan la misma función dentro de un mismo grupo de clientes con independencia de la tecnología empleada para ello. Por tanto, nuestro competidor aquel que produce los mismos metales como el nuestro, es aquel que satisface las mismas necesidades que nosotros con respecto al mismo mercado que se exporta en este caso a Europa y China como principales compradores de Cobre y Plata.

Los factores para tener éxito en este ambiente, es utilizar los métodos de análisis de las fuerzas competitivas de Porter, y con las reuniones de directorio y la lluvia de ideas se llega a decisiones en el momento oportuno; para el manejo de exportaciones.



**Figura 5,** Análisis de las fuerzas competitivas Porter. Fuente: Marketing maimonides.

## 1.5. Descripción del entorno de la empresa.

### 1.5.1. Recursos y capacidades.

#### A. Recursos Tangibles:

- *Tableros de control implementados.*
- *Presupuesto definido y aprobado por el área de finanzas.*
- *Equipos y herramientas de automatización y control.*
- *Talleres implementados de campo.*
- *Fajas transportadoras protegido con guardas.*
- *Equipamiento de instrumentación.*

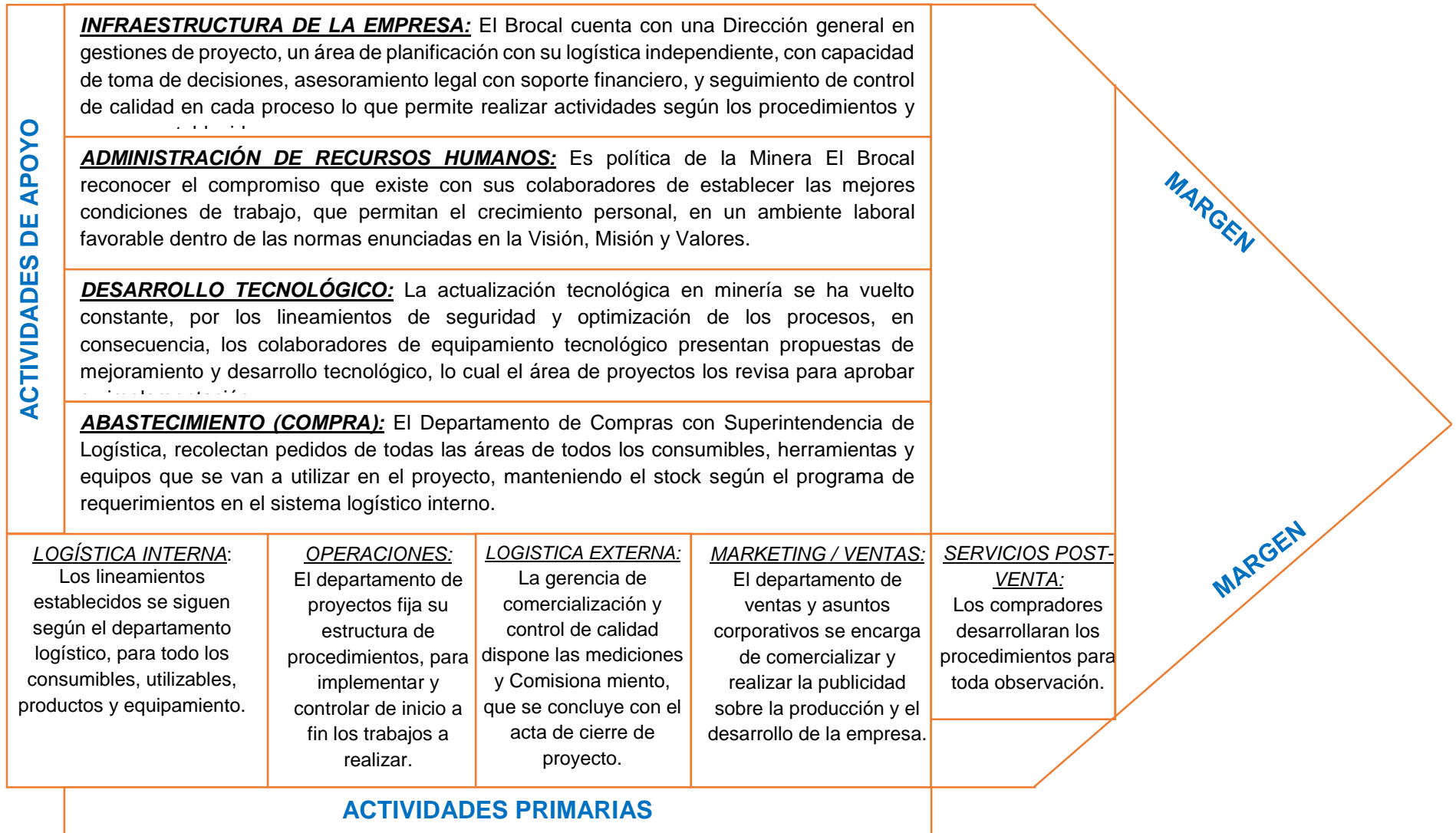
***B. Recursos Intangibles:***

Directorio de mando integral de la empresa, con análisis de indicadores de activos intangibles para monitorizar y controlar los activos y producción del transporte de mineral por fajas transportadoras.

Políticas de operación responsable, con la comunidad, con el personal que labora en la empresa y con el medio ambiente; con capacitaciones e inversiones directas para el mejoramiento y desarrollo sostenible del entorno.

Los principios y valores con que se operan en la organización, desde la extracción de minerales en mina Tinyahuarco, así como en la Planta Concentradora en Huaracaca, los residentes que pertenecen a estos lugares el 80% laboran en la empresa y tienen oportunidades de desarrollo por los convenios con Instituciones Académicas, Programas Sociales e Instituciones Financieras, que brindan apoyo directamente a la población en general.

1.5.2. Análisis de la cadena de valor.



<sup>1</sup> Extractos tomados de Great Robert II. (2004 4ta Edición), Dirección Estratégica. Conceptos, Técnicas y Aplicaciones. THOMSON\_CIVITAS,p. 192

## 1.6. Análisis estratégico.

### 1.6.1. Análisis FODA.

#### A. *Fortalezas:*

- Minera El Brocal ha logrado dar un salto específico importante debido al crecimiento integral de la empresa, lo que la ubica dentro del grupo de empresas mineras más importantes del país.
- Implementación de Sistema Integrado de gestión en Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional (SIGMASS), con Certificación de ISO 14001 y OHSAS 18001. Estas certificaciones son renovadas constantemente mediante auditorías internas y externas.
- Los proyectos son desarrollados, solo si obtenemos los permisos correspondientes tanto de las autoridades locales y regionales, así como de la comunidad, realizando los respectivos estudios de Impacto Ambiental.
- Contamos con más de 56 años de experiencia en explotación y procesamiento de mineral, lo cual nos permite tener métodos y procedimientos propios.

#### B. *Oportunidades:*

- Aprovechar las utilidades que crecen un promedio de 6% por año, gracias a la ampliación de producción a 18 TMD (Toneladas Métricas por Día).
- Próximos proyectos de ampliación de centrales hidroeléctricas de Rio Blanco y Jupayragra con un sistema eléctrico de 30 MW.
- Nuestro crecimiento económico está sustentado por un ambiente de operaciones responsable y de progreso social. El cual permite estar acorde con la población y nos dan la potestad de continuar explorando las reservas de mineral.
- Realizamos inversiones para la mejora de nuestros procesos y tecnologías y consideramos planes de capacitación programados para nuestros colaboradores y para las contratistas que laboran en nuestra operación, para estar en competitividad.

**C. Debilidades:**

- Baja del precio del mineral en mercado internacional.
- No se cuenta con una planta metalúrgica para valor agregado a los metales.
- Contratistas especializadas que son parte de la producción no cuentan con todos los requerimientos.
- Presas de relave llenas, no hay espacio para adecuar nuevas presas.
- Planta de tratamiento de aguas ácidas antiguas con tecnología desfasada.
- Porcentaje del personal con varios años de servicio, mayores de 50 años de edad limitados a producción.
- Constantes accidentes, auditoría de gestión de seguridad ineficiente.

**D. Amenazas:**

- Competidores con nuevos proyectos y de mayor producción están copando en mercado internacional.
- Las betas del tajo abierto están disminuyendo, urge abrir las reservas.
- Exigencias en los controles de la población y las normas mundiales de Medio Ambiente, ONGs anti mineras, e instituciones que buscan lucro personal.
- Consumidores exigentes de exportación y a bajo precio.
- Aumento de demanda interna de productos utilizables para mantenimiento preventivo y correctivo.
- Paros consecutivos de chancadoras por fallas, mantenimiento, problemas en las fajas transportadoras.

## 1.6.2. Matriz FODA.

		FORTALEZAS (F)	DEBILIDADES (D)
		<b>Matriz FODA: Sociedad Minera EL BROCAL S.A.A.</b>	
<b>OPORTUNIDAD (O)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aprovechar utilidades.</li> <li>2. Ampliación de centrales hidroeléctricas.</li> <li>3. Crecimiento Económico con operaciones y un ambiente responsable y de progreso social.</li> <li>4. Inversiones para mejoramiento de procesos y tecnologías, capacitación programado al personal y para las contratas que trabajan en nuestra operación.</li> <li>5. Apoyo en Educación y Salud a las comunidades para desarrollo sostenible.</li> </ol>	<p><b><u>ESTRATEGIAS FO:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Ejecución de mantenimiento con confiabilidad.</i></li> <li>• <i>Eficiencia en gestión de tiempo y RRHH.</i></li> <li>• <i>Variabilidad y facilidad en la ejecución de proyectos.</i></li> <li>• <i>Ampliar las exploraciones y explotaciones.</i></li> <li>• <i>Trabajar con consentimiento y buenas relaciones.</i></li> </ul>	<p><b><u>ESTRATEGIAS DO:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Maestranza al personal.</i></li> <li>• <i>Estar acorde a la tecnología de la competencia.</i></li> <li>• <i>Aprovechar los proyectos para invertir en equipamiento.</i></li> <li>• <i>Proyectos de mejoramiento de aguas ácidas.</i></li> <li>• <i>Manejo de tecnologías con el personal experimentado.</i></li> </ul>
<b>AMENAZAS (A)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Competencia con megaproyectos en inversión minera.</li> <li>2. Disminución de betas.</li> <li>3. Auditores exigentes en control de Medio Ambiente.</li> <li>4. Fallas en chancadoras y fajas transportadora Overland.</li> <li>5. Aumento de insumos químicos en flotación y espesamiento.</li> </ol>	<p><b><u>ESTRATEGIAS FA:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Ejecutar proyecto acorde a los estándares de calidad.</i></li> <li>• <i>Garantizar ejecutar el proyecto priorizando la gestión de costos.</i></li> <li>• <i>Optimizar los materiales.</i></li> <li>• <i>Optimizar el procesamiento del mineral.</i></li> </ul>	<p><b><u>ESTRATEGIAS DA:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Integrar todos los sistemas de gestión.</i></li> <li>• <i>Afianzar alianzas para ejecución del proyecto.</i></li> <li>• <i>Implementar eficientemente gestión de comunicación vertical y horizontal.</i></li> </ul>



**CAPÍTULO II**  
**REALIDAD PROBLEMÁTICA**

## **2.1. Descripción de la realidad problemática.**

Ante la necesidad de optimizar su producción la Sociedad Minera El Brocal está invirtiendo en la reingeniería de todos los procesos sea de extracción, chancado y procesamiento de mineral, en Marcapunta Norte y Tajo Norte, como recursos actuales y reservas futuras, lo cual están ubicados en zonas estratégicas pero distantes de la planta concentradora de Tinyahuarco - Huaraucaca; desde el año 2013 el mineral extraído de estos tajos Abiertos se está transportando por medio de fajas transportadoras dejando de lado en transporte por medio de volquetes, optimizando así los recursos económicos y aumentando la productividad de 8,000 toneladas métricas al día desde el año 2012 a 18,000 toneladas métricas al año 2017.

Dentro de los incidentes ocasionados durante el recorrido y en el mantenimiento de la faja transportadora podemos mencionar roturas de fajas, descarrilamiento, obstrucción y accidentes directos al personal operador. Al ocasionarse dichos incidentes hay pérdidas directas e indirectas en todo el proceso y producción del mineral, por lo tanto, pérdidas económicas de gran intensidad.

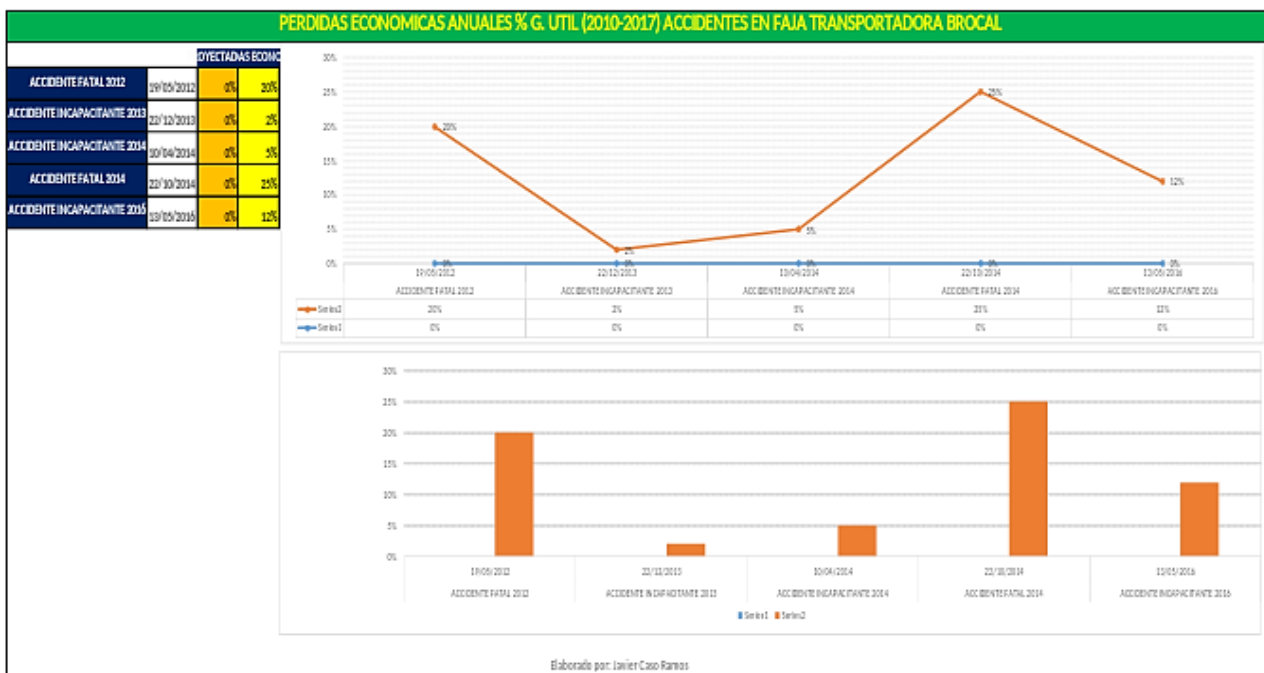
Es imperioso dar solución a estos incidentes en la faja transportadora Overland, ya que los costos de reposición, reparación y en algunos casos daños irreparables como pérdidas humanas, afectan de forma directa a la empresa.

## **2.2. Análisis del problema.**

El proyecto surgió con la necesidad optimizar los procesos, minimizar el riesgo en su operación y evitar daños a la faja transportadora durante su funcionamiento, para así incrementar la producción del mineral y reducir gastos en mantenimientos correctivos. El proyecto tiene como justificación, la implementación del sistema de parada de emergencia una producción de mineral constante y una mejor política en seguridad en operación y funcionamiento de Fajas Transportadoras actualizando su estándar OHSAS 18001.

También podemos mencionar que en los últimos 10 años la Sociedad minera el brocal ha sido muy impactado económicamente por accidentes fatales e incapacitantes,

ocasionados por la operación de fajas transportadoras, las indemnizaciones y multas por parte de Osinergmin, ascendieron aproximadamente a \$. 525 000.00 Dólares Americanos, quedando con una amonestación y condición latente de cierre de proyecto por los constantes accidentes.



**Figura 6,** *Perdidas económicas por accidentes en la faja transportadora. Fuente: Elaboración propia.*

Es por ello la necesidad de diseñar un sistema que tenga como finalidad la parada de emergencia con control automático y manual, de la faja transportadora Overland para reducir los accidentes durante su operación.

Las razones expuestas anteriormente justifican la realidad problemática y el desarrollo del presente proyecto denominado “Diseño de un sistema de seguridad de parada de emergencia (PULLCORD) RSB para la faja transportadora OVERLAND de 5.2 KM – Sociedad Minera el Brocal”.

## 2.3. Objetivos.

### A. Objetivo General:

- Diseñar un sistema integral de parada de emergencia con control automático y manual Pull Cord, de la faja transportadora Overland de la sociedad minera el brocal.

### B. Objetivo Específicos:

- Reducir, minimizar los accidentes y daños al personal durante la operación de la faja transportadora con la finalidad del desarrollo del sistema de Gestión de la Seguridad de la empresa.
- Realizar la programación del PLC S7 1200 y simularlo en el TIA PORTAL V14: (programación en bloques), detallando los resultados del funcionamiento.
- Realizar la delimitación de los alcances, donde se formularán listas de los entregables, exclusiones, restricciones y supuestos del proyecto.
- Diseñar el esquema general de la estructura que tendrá el sistema de paro de emergencia de la faja transportadora.
- Diseñar el montaje de sensores Pull cord (Parada de Emergencia), Travel Switch (Deslizamiento de Faja), Belt Rip (Rotura de Faja), con control independiente desde las Junction box y Sala Eléctrica.
- Diseñar el montaje de tableros integradores armados, tendido de conductor de control, tendido de cable de acero, conexionado de sensores, instalación del cable de acero a los Pull Cord.
- Realizar la asignación de responsabilidades y el cronograma que se seguirá en la futura implementación del proyecto.
- Realizar el presupuesto general, para asegurar que con la futura implementación se fije un precio que ira adjunto a la propuesta técnica.

**CAPÍTULO III**  
**DESARROLLO DEL PROYECTO**

### 3.1. Descripción y desarrollo del proceso.

#### 3.1.1. Especificaciones Técnicas:

La faja transportadora es usada para transportar el mineral constante y continuamente desde chancado primario hasta Stock Pile de planta concentradora.

Se utilizan también las fajas para alimentar mineral de las tolvas de finos desde el Apron Feeder a los molinos y transportar los concentrados que reciben de los filtros a las áreas de depósito de concentrado.

##### 3.1.1.1. *Partes principales de la faja transportadora.*

Las partes principales de una faja transportadora son las siguientes:

- A. La faja transportadora y sus grampas:** Esta constituido de lona cubierta con jebe (vulcanizado). Su misión es de llevar el mineral. El funcionamiento se da por el giro y movimiento de las poleas y polines, el movimiento es constante y de tipo sin fin por estar juntos en sus extremos.
- B. Las poleas:** Su función principal es de darle movimiento a la faja y con ella transportar el mineral. Están colocadas en la cabeza y cola, extremos de la faja.
- C. Los polines:** Su función es de sostener a la faja entre las poleas principales, gira y ayuda a dar vueltas.
- D. Los templadores:** Su función es de ajustar o templar la faja transportadora, evitando que se resbale al estar muy floja.
  - El templador de tornillo. Su función es templar la faja solo con ajustar o correr la polea de cola.

- El templador de contrapeso. En este caso aumenta la tensión en la faja regulando el contrapeso, de este modo se mantiene la operación de trabajo.

**E. Las cuchillas:** Su función es evitar el corte de la faja transportadora ocasionados por las planchas de fierro o por rozamiento.

- Las cuchillas guías. Son utilizados para evitar derrames de carga (mineral) de las fajas a los pisos.
- Las cuchillas de limpieza. Son utilizados para hacer limpieza de las fajas.

**F. El sistema de transmisión de movimiento de la faja:** Constituido por componentes que transmiten movimiento a la faja:

- Los motores de cabeza y cola
- Las poleas de cabeza y cola
- El coupling
- Las fajas "V" para acople
- Reductor de velocidad
- Los piñones
- Cadenas
- Catalinas

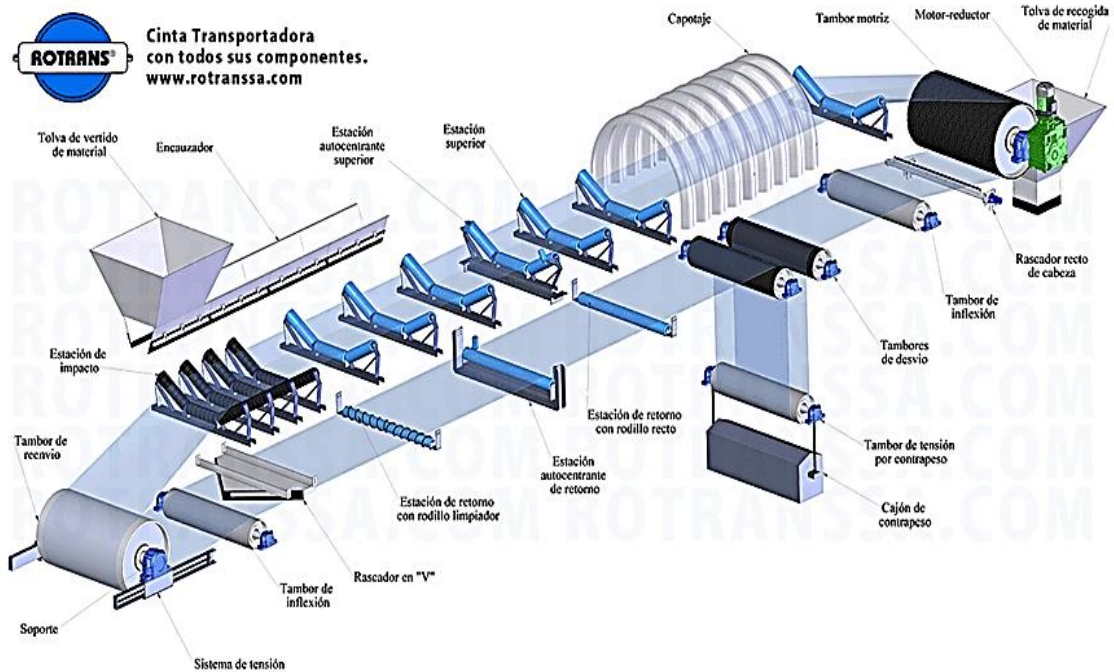

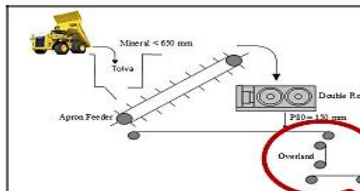


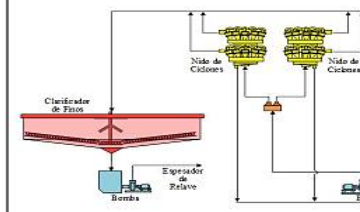
Figura 7, Esquema de funcionamiento de una faja transportadora. Fuente: Rotrans.

## Faja Transportadora - Overland





□ Longitud:	5.2 kms.
□ Ancho de faja:	36 pulgadas
□ Velocidad:	4.2 m/s
□ Grado de llenado:	< 65% - 73%
□ Capacidad:	1,200 tmh






Figura 8, Características de Faja Transportadora Minera El Brocal. Fuente: www.elbrocal.com



**G. Cálculo de la capacidad de transporte de mineral de la faja:**

Peso específico:

$$\gamma = 1.50 \left( \frac{Tn}{m^3} \right)$$

Capacidad de transportador:

$$1200 \left( \frac{Tn}{h} \right)$$

Ángulo de inclinación máxima de faja: 12°

Ángulo de talud: 30°

Grado de Abrasión: A

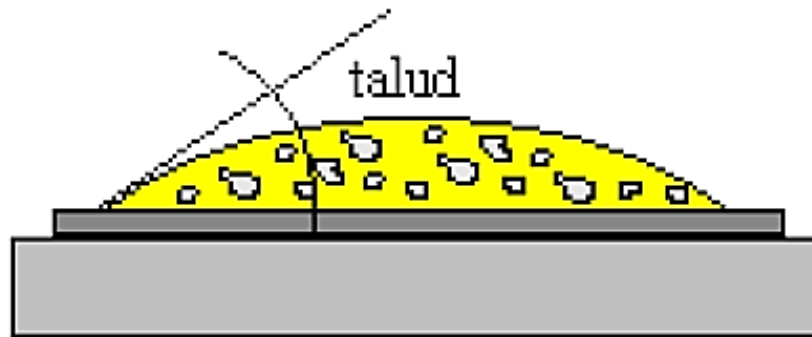
Longitud: 5.2 Km

Velocidad de la Faja: 4.2 m/s

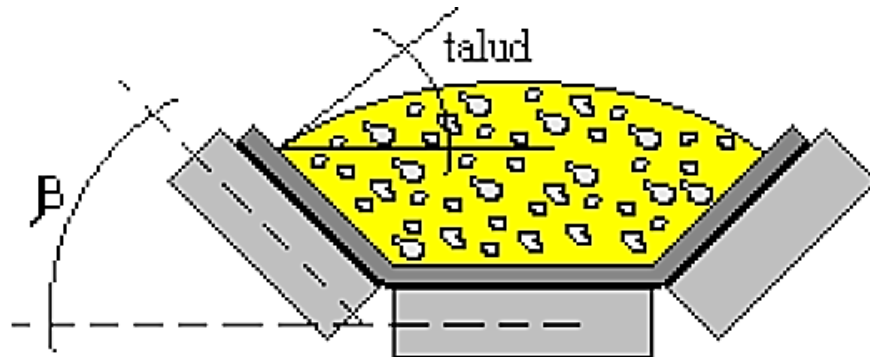
**Coefficientes de corrección según talud:**

COEFICIENTES DE CORRECCIÓN SEGÚN TALUD							
Ángulo	Montaje	Montaje en Artesa (para valores de $\beta$ indicados)					
Talud	Plano	20°	25°	30°	35°	40°	45°
10	0.50	0.77	0.79	0.82	0.84	0.86	0.87
20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
30	1.50	1.24	1.21	1.19	1.17	1.16	1.14

Montaje Plano = 1.50



Montaje en Artesa = 1.19



Ancho de la faja:

$$\frac{Q_t}{K * V * \gamma}$$

Donde:

$Q_t$  = Capacidad de transporte T/h

$K = \text{Coeficiente (0.93)}$

$V = \text{Velocidad de la Faja Transportadora m/s}$

$\gamma = \text{Peso Específico T/m}^3$

### **Cálculo Potencia de Accionamiento del Motor:**

$$N_m = \frac{F_m * V}{102 * n}$$

Donde:

$F_m = \text{Esfuerzo total en el tambor motriz}$

$V = \text{Velocidad de la Faja Transportadora m/s}$

$n = \text{Rendimiento del motorreductor (n = 0.80)}$

### **Cálculo de la Velocidad del Motor:**

$$n = \frac{60 * V}{\pi * D_T}$$

Donde:

$n = \text{Velocidad del motor (rpm)}$

$V = \text{Velocidad de la faja transportadora (m/s)}$

$D_T = \text{Distancia al eje de accionamiento (m)}$

### **H. Problemas en la operación con las fajas.**

**LADEADO O DESCARRILADO DE FAJAS:** Una faja transportadora se ladea o descentra por los estos motivos:

- *En las poleas de cabeza, cola o la contrapolea contiene carga apelmazada (cuando exista demasiada humedad).*

- *En los polines de retorno cuando se encuentra con carga fina apelmazada.*
- *En la faja cuando está mal empalmada.*
- *En la faja cuando está mal templada.*
- *En la faja cuando tiene sobre carga de mineral.*
- *En los polines cuando está mal centrado.*
- A la faja al ocurrir una ladeada o descentrada le pueden producir los daños:
  - *Romperse la cadena, coupling o faja de la polea del motor.*
  - *Derramar carga que contiene la faja (mineral).*

### **3.1.2. Soporte teórico del Proyecto.**

#### **A. DISPOSITIVOS DE EMERGENCIA:**

Dentro de las fajas transportadoras y el equipamiento eléctrico, son necesarios los elementos para la puesta en marcha de estas mismas, debiendo habilitar elementos que permitan su detención o parada en un momento determinado que ocurra por emergencia.

Esta detención o parada puede realizarse en condición normal de funcionamiento, constante transporte de mineral; y en alguna condición anormal de funcionamiento cuando se presente alguna situación de peligro (emergencia) para el operador o para un equipo que comprende la faja.

Se definen de dos tipos unos como dispositivos de parada normal y los otros como dispositivos de parada de emergencia.

La característica principal y la condición de montaje de los elementos de parada se utilizan en situaciones anormales de funcionamiento de las fajas transportadoras (dispositivo de parada de emergencia), ejemplo cuando aparece una situación de peligro durante el traslado de mineral que pueda ocasionar un daño o una pérdida ya sea en el operador o bien en la propia faja transportadora.

#### **B. MECÁNICA:**

Al ser activado el sistema de parada de emergencia queda enclavado y la nueva puesta en servicio (desenclavamiento) sólo puede efectuarse desde la sala de control.

Se instalan los dispositivos de parada de emergencia en todas aquellas fajas en las cuales existan peligros de tipo mecánico (peligro de atrapamiento) en todas las condiciones normales de trabajo.

Dependiendo del tipo de motor que mueva la faja, puede ser necesario la instalación de uno o más de un dispositivo de parada de emergencia; por ejemplo, en máquinas con más de un puesto de mando y control.

El dispositivo de parada de emergencia tiene como función principal de interrumpir las fuentes de alimentación de energía (corriente eléctrica, neumática, etc.) y detener la faja lo más rápido posible (en caso de peligro).

### **C. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL SISTEMA:**

Un dispositivo de parada de emergencia tiene como función principal la de parar la faja lo más rápido posible. Estos dispositivos serán instalados en las fajas, considerando dos posibilidades:

- *Con un interruptor accionado manual o automático, instalado en la línea de alimentación de los motores de la faja.*
- *Con un auxiliar de control presto en el circuito auxiliar que, al ser accionado, todo circuito que puedan originar peligro sean desconectados.*

El componente de control utilizado como parada de emergencia debe agrupar las siguientes características:

- *Debe ser visible y accesible, debe estar ubicado en un lugar donde esté al alcance del operario.*
- *Deberá cortar la corriente máxima de los motores de mayor potencia en condiciones de arranque.*
- *Se podrá accionar manualmente o automáticamente y se podrá enclavar en la posición de abierto.*

#### D. CONEXIONES DEL SISTEMA:

En el siguiente esquema (CONEXIÓN 1), se describe el dispositivo de parada de emergencia instalado en el circuito de alimentación del motor de la faja; es decir que el interruptor seccionador y parada de emergencia es el mismo, y trabajará de la manera que al accionar de forma manual o automático uno de ellos cumplirá la función de cada uno. Para este sistema, el componente de desconexión (Interruptor seccionador / Parada de Emergencia) reunirá algunas características necesarias tanto para el interruptor principal como para el de parada de emergencia.

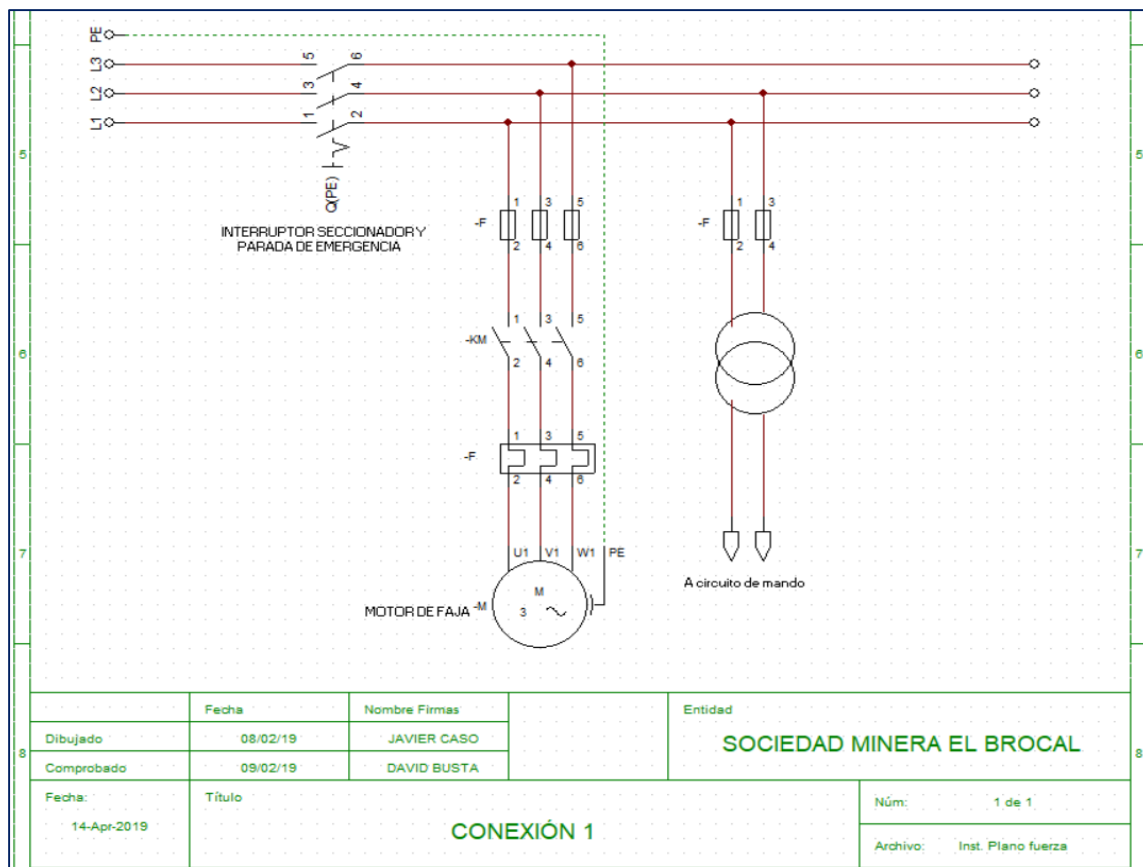


Figura 9, Esquema Conexión 1. Fuente: Elaboración propia.

En el esquema (CONEXIÓN 2), se describe el dispositivo de parada de emergencia acoplado en el circuito de alimentación del motor de la faja; es decir que el interruptor seccionador y parada de emergencia están instalados independientemente, y trabajarán de forma individual al accionar independientemente cada uno de ellos, recibirá la señal el sistema de parada de emergencia y en paralelo se accionara el interruptor seccionador para desconectar el circuito alimentación del motor de la faja. En este caso el interruptor seccionador de la alimentación y la parada de emergencia están separados.

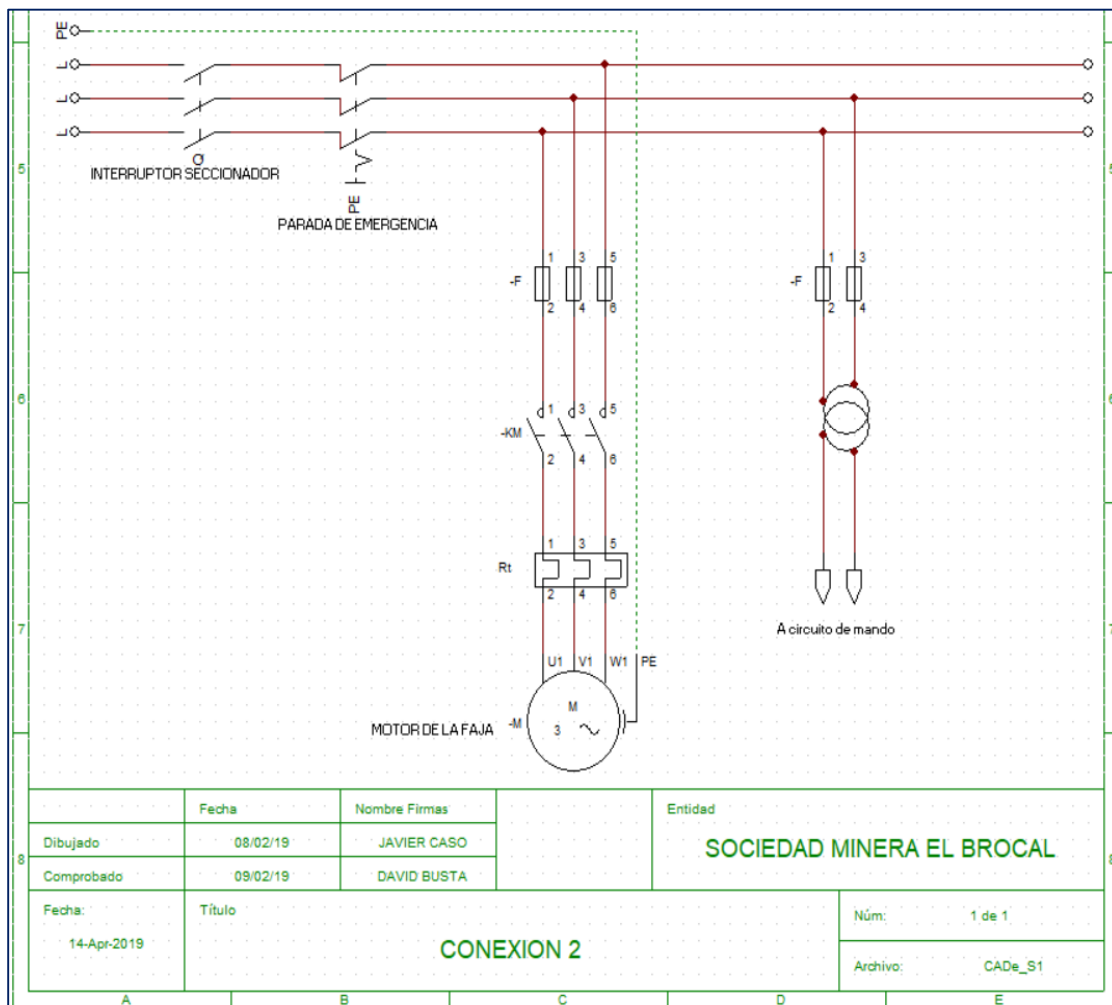


Figura 10, Esquema Conexión 2. Fuente: Elaboración propia.

Esquema de auxiliar de control (CONEXIÓN 3), en este sistema trabajará de tal manera que se dejará sin alimentación al contactor; en este caso el dispositivo de parada de emergencia está instalado en el circuito auxiliar. Es decir que, al accionar el pulsador de control de parada de emergencia, los contactores se quedan sin tensión por lo que esta señal hará que desconecte el variador de velocidad o el arrancador de estado sólido deteniendo el motor de la faja.

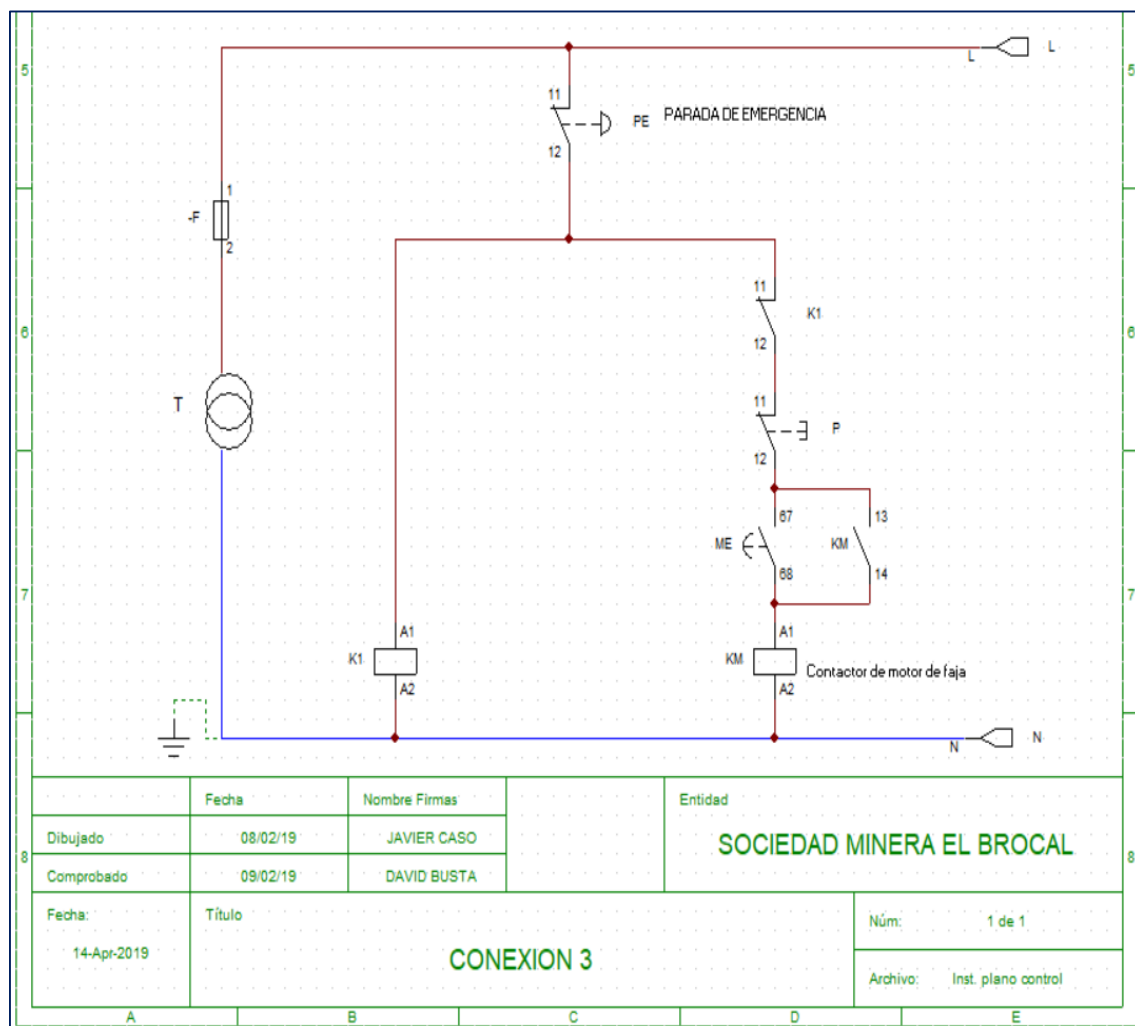


Figura 11, Esquema Conexión 3. Fuente: Elaboración propia.



Esquema auxiliar de control (CONEXIÓN 4), este sistema trabajará de tal manera que; en las fajas, en las que sus elementos móviles (poleas), se inmovilizan en un corto espacio de tiempo al detener el esfuerzo del motor accionado por algún elemento de sistema de parada de emergencia, el control de parada general y el de emergencia pueden ser uno solo.

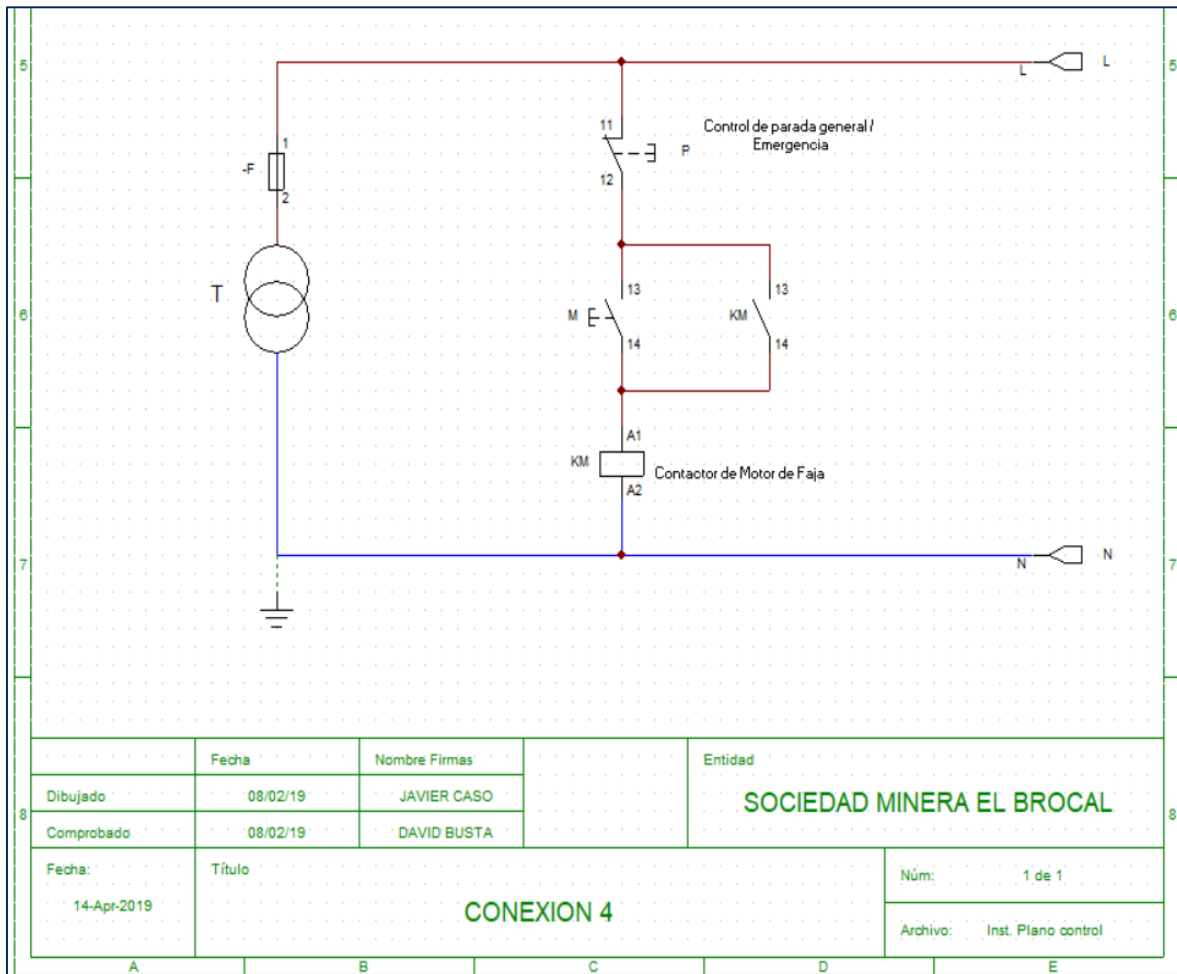


Figura 12, Esquema Conexión 4. Fuente: Elaboración propia.

Esquema auxiliar de control (CONEXIÓN 5), este sistema trabajará de la forma en que, en las fajas que tienen movimiento residual (polines, fajas), el sistema de parada de emergencia deberá estar separado del control de paro general, ya que, al accionarse de forma manual o automático el paro de emergencia, en paralelo entra en funcionamiento el freno de emergencia que dejará sin alimentación al circuito del motor de la faja, al variador de velocidad o arrancador de estado sólido.

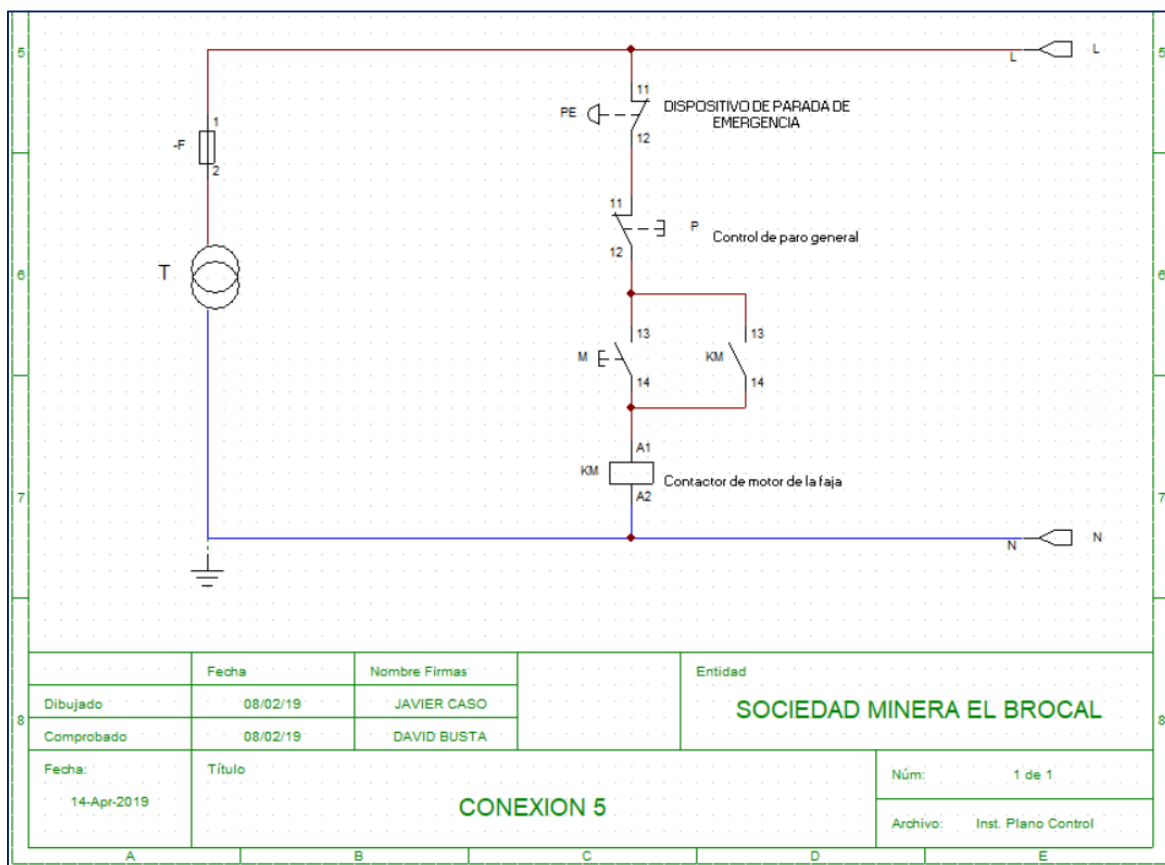


Figura 13, Esquema Conexión 5. Fuente: Elaboración propia.

**PULL CORD INTERRUPTOR DE SEGURIDAD DE PARO DE EMERGENCIA POR TRACCION DE CABLE:**

### **A. APLICACIÓN DEL SISTEMA.**

El interruptor de seguridad del sistema de parada de emergencia por tracción de cable, están diseñados para instalar a lo largo de los costados de las fajas transportadoras que no pueden protegerse con resguardos.

Es diferente en los pulsadores del sistema de parada de emergencia de tipo seta comunes, Un interruptor por tracción de cable puede accionar la emergencia desde cualquier punto instalado del cable, proporciona una protección de parada de emergencia confiable en la faja transportadora.

El interruptor tiene una conexión mecánica positiva entre los contactos del interruptor y el cable de acero, verificando el estado de rotura del cable con el travel switch.

Lo que significaría que, al producirse un jalón o una rotura en el cable, los contactos de seguridad normalmente cerrado se abren y se cierran los contactos normalmente abiertos.

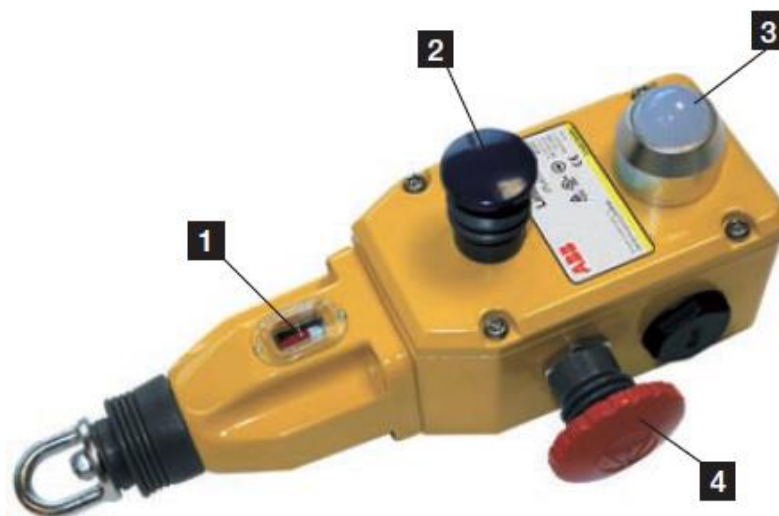
El interruptor se bloquea mecánicamente y solo puede ponerse en funcionamiento pulsando el botón de reseteo de conformidad con la norma EN418 (ISO13850).

### **B. CONFIGURACION DEL SISTEMA.**

Se debe de instalar argollas para el soporte del cable en intervalos de 2,5 a 3 metros a lo largo de toda la cuerda, La primera argolla debe colocarse a una distancia máxima de 50 cm con respecto al interruptor. Es de consideración que los primeros 50 cm no se utilicen como parte de la cobertura de protección activa. Y si se utiliza un interruptor, el cable se ancla por el otro extremo con un muelle de seguridad.

### **C. NIVEL DE SEGURIDAD DEL SISTEMA.**

Los interruptores de seguridad de paro de emergencia del sistema por tracción de cable cumplen las especificaciones de seguridad y normas europeas ISO13850 (EN418) e IEC/EN60947-5-5.



**Figura 14,** Partes del Pull Cord. Fuente: ABB Perú.

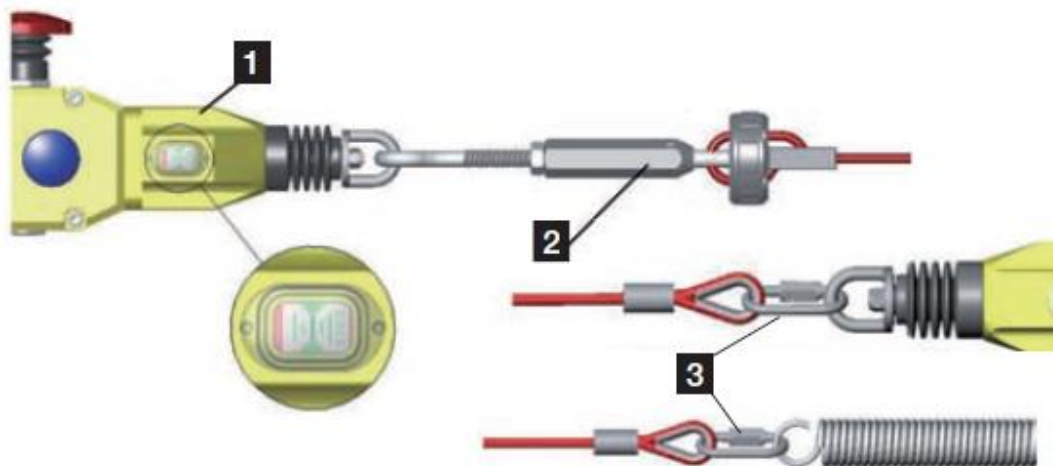
- (1) Indicador de tensión.
- (2) Botón de rearme.
- (3) LED indicador.
- (4) Pulsador de emergencia tipo seta.



**Figura 15,** Diagrama de Interruptor de emergencia por tracción. Fuente: ABB Perú instruments.

#### **D. CONECTIVIDAD DEL SISTEMA.**

Para realizar una óptima configuración de un sistema de paro de emergencia por tracción de cable de ABB Jokab Safety se recomienda tensar el cable moderadamente con el accesorio tensor/mordaza de ABB Jokab Safety.



**Figura 16, Tensor de Tornillo.** Fuente: ABB Perú Instruments.

#### **E. DETALLE DE INSTALACIÓN DEL TENSOR Y/O MORDAZA.**

En este sistema el extremo del cable de seguridad se introduce por un orificio central en una guía cónica que sobresale de la mordaza. Y a su vez tras introducirlo por el orificio guía, el cable entra en la mordaza por un orificio de alimentación y se gira 180 grados para introducirse por un segundo orificio en el lado opuesto del mecanismo en el sistema.



Tensor/mordaza de cable, acero inoxidable, referencia: 2TLA050210R4020,  
Tensor/mordaza de cable, galvanizados, referencia: 2TLA050210R4030.

**Figura 17, Instalación de Tensor/Mordaza.** Fuente: ABB Perú Instruments.

### F. DISPOSITIVO DE PASO POR ESQUINAS.

En este sistema debido a la fricción entre los cáncamos y el cable de tracción al pasar por esquinas, generalmente se utiliza una polea de cambio de dirección para el paso interior o exterior por las esquinas sin dañar el cable. Las poleas vienen en material de hierro galvanizado y acero inoxidable.<sup>1</sup>

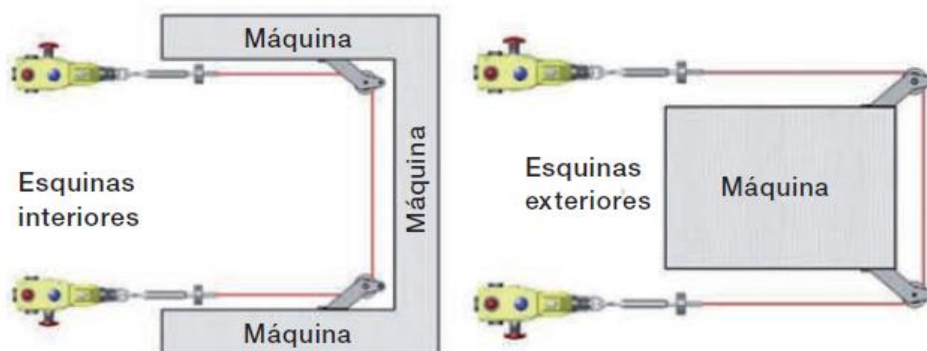


Figura 18, Ejemplo de la polea cambio de dirección. Fuente: ABB Perú Instruments.

### G. PULL CORD DE CABLE DE TRACCION DOBLE.

Se trata de un sistema de accionamiento y conexión del cable de seguridad de izquierda y derecha del interruptor y simultáneamente.

El pull cord gracias a las entradas para cable en ambos lados del interruptor, es el elemento ideal para grandes longitudes en el trayecto de la faja transportadora como sistema de protección.



Figura 19, Pull Cord Tracción doble. Fuente: ABB Perú Instruments.

<sup>1</sup> Fuente: Jokab Safety ABB .2012

### 3.1.3. Fundamentos del Proyecto.

Los fundamentos del proyecto se refieren al porque se implementará este sistema y de qué forma ayudará a la compañía.

#### **PORQUE UTILIZAR INTERRUPTORES DE SEGURIDAD:**

- A.** Para el control y minimización de accidentes ocasionados por la faja transportadora:

Se garantiza el paro de la faja transportadora al detener los motores de las poleas de cabeza y cola. Los interruptores y sensores funcionan como dispositivos de contactos abiertos y cerrados y de enclavamiento, sin contactos (dinámicos o magnéticos).

- B.** Para asegurar y evitar el daño a los equipos:

En principio, un interruptor de seguridad permite monitorizar una posición segura de enclavamiento. Para luego en lugar de supervisar la protección física de la faja, la supervisión se realiza directamente sobre las piezas móviles peligrosas de la faja. Por ejemplo, si se acciona un interruptor a lo largo de la faja de manera manual con ajuste de cuerda (Pullcord), o automático por contacto con faja o ruptura (Travel switch) la faja se desconectará.

### 3.1.4. Funcionamiento.

El proyecto consiste en diseñar un sistema de parada de emergencia para la faja transportadora de minerales la distancia de recorrido de la faja es de 5.2 Km., con sensores Pull Cord (Parada de Emergencia) y Travel Switch (Desalineamiento de Faja). Su implementación y equipamiento constara de un sistema y los componentes siguientes:

- *Controlador PLC SIMATIC S7-1500 (CPU 1516-3 PN/DP).*
- *Software TIA PORTAL STEP V13.*

- *Fuente de Alimentación S7-1500 PM 1507 24VDC. /3A.*
- *Tarjeta de Memoria S7-1500 (memory card 256Mb).*
- *Módulos de Entradas Digitales I/O S7-1500 (contador 32 canales 24VDC HF.).*
- *Módulos de Salidas Digitales DO S7-1500 (24VDC/0.54 STO.).*
- *Módulo de Comunicación S7-1500 (CM 1542-5 Profibus).*
- *Conectores Frontales para módulos entradas digitales I/O S7-1500.*
- *Perfil de Soporte S7-1500 830mm. (Incluye tornillo de tierra, riel DIN integrado).*
- *Cable Ethernet S7-1500.*
- *Tablero Electric Integrador Schneider Electric (2000x800x800 mm.), y componentes.*
- *Pull Cord Parada de Emergencia Doble RSB.*
- *Travel Switch Control de Alineamiento de Faja (general purpose, 2 DP/DT).*
- *Conductor cable de Control tipo CCT-B (4 conductores x 16 AWG).*
- *Cable de Acero Galvanizado 6x7 + FC 1/8.*
- *Kit Tensor para cable de acero.*
- *Terminales opresores para cables de control (min16 AWG - max. 14AWG).*

Para detallar el funcionamiento del sistema de parada de emergencia de la faja transportadora OVERLAND de la minera el Brocal, se simuló la programación del PLC S7 1200 en TIA PORTAL V14 de la integración de JBs y CPs.



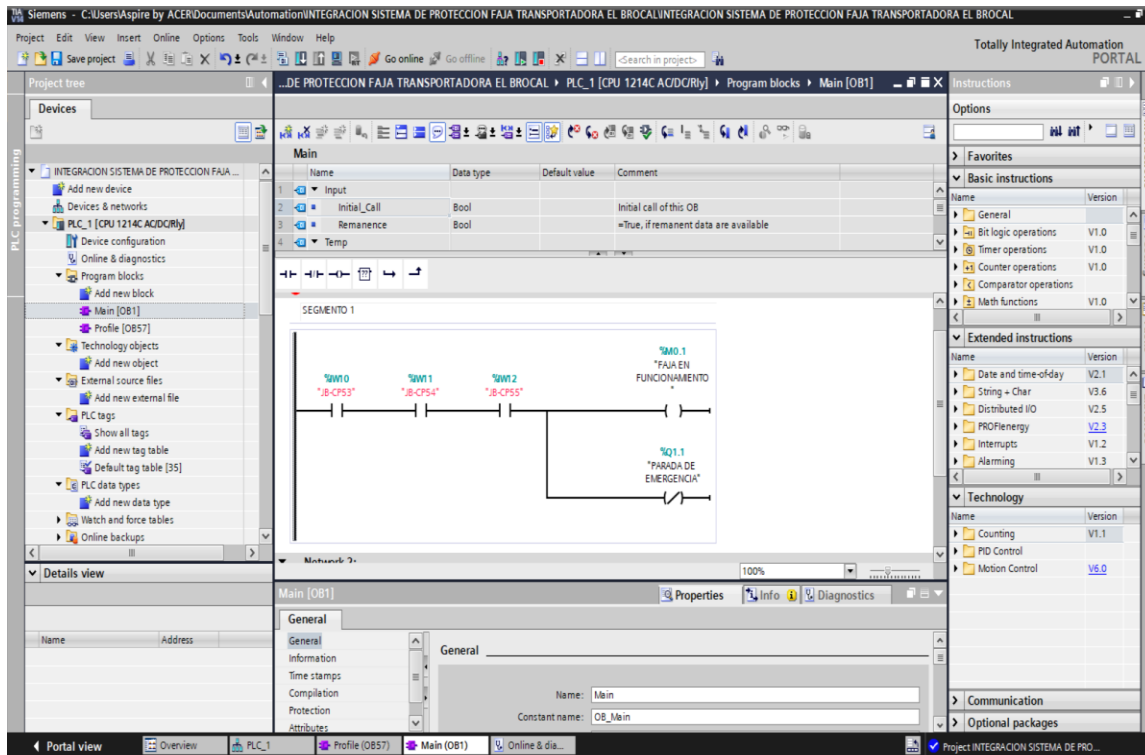


Figura 20, Programación de PLC S7 1200 en TIA PORTAL V14. Fuente: Elaboración propia.

### A. FUNCIONAMIENTO DE FAJA EN ESTADO NORMAL TRANSPORTE DE MINERAL =ON:

En el primer segmento se verifica que la faja transporte mineral en estado normal, que solo de esa manera se activara “FAJA EN FUNCIONAMIENTO”.

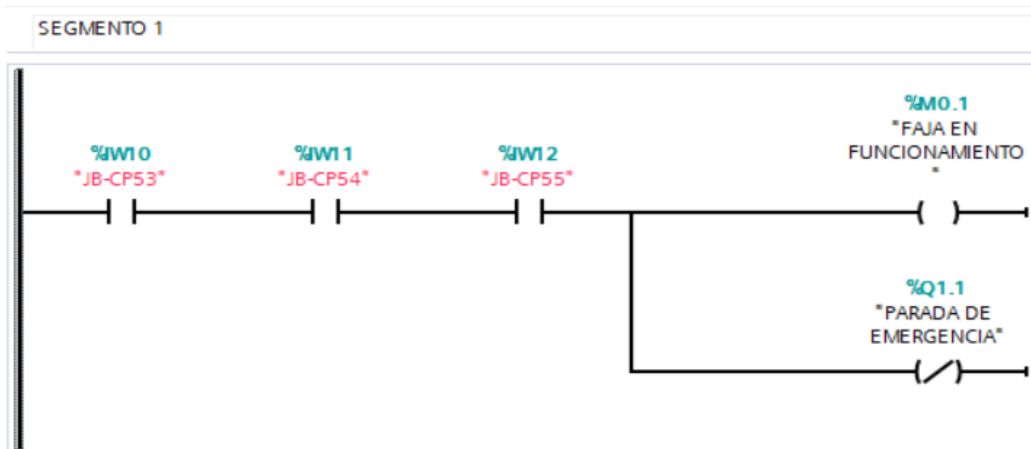


Figura 21, Grafica del segmento 1 "Faja en Funcionamiento". Fuente: Elaboración propia.

## B. VERIFICAR EL ESTADO MANUAL – AUTOMÁTICO PARA PARADA DE EMERGENCIA:

En este segmento después de verificar el correcto transporte de mineral sin ningún accionamiento de parada de emergencia, en sala de control y en remota (campo) se puede trabajar en 2 modos manual y automático.

En modo manual se realiza un enclavamiento cada vez que se presiona START con estado START y se queda enclavado hasta que alguien presione el STOP o que haya terminado el proceso.

En modo automático todo se saltea y se pone en estado START además el START y el PARADA/FAJA funcionan siempre juntos.

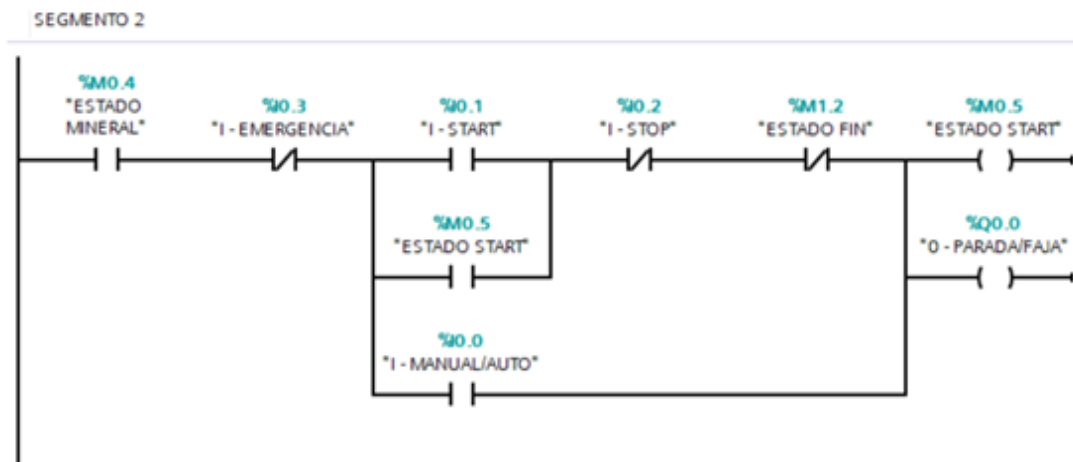


Figura 22, Grafica del segmento 2 "START / STOP". Fuente: Elaboración propia.

## C. START PARO DE CPs y JBs:

Se realiza el enclavamiento en ALARMA DE PARO y PARO DE CPs y JBs, se enclavan indistintamente, se desenclava en cuanto se desactiva ALARMA DE PARO.

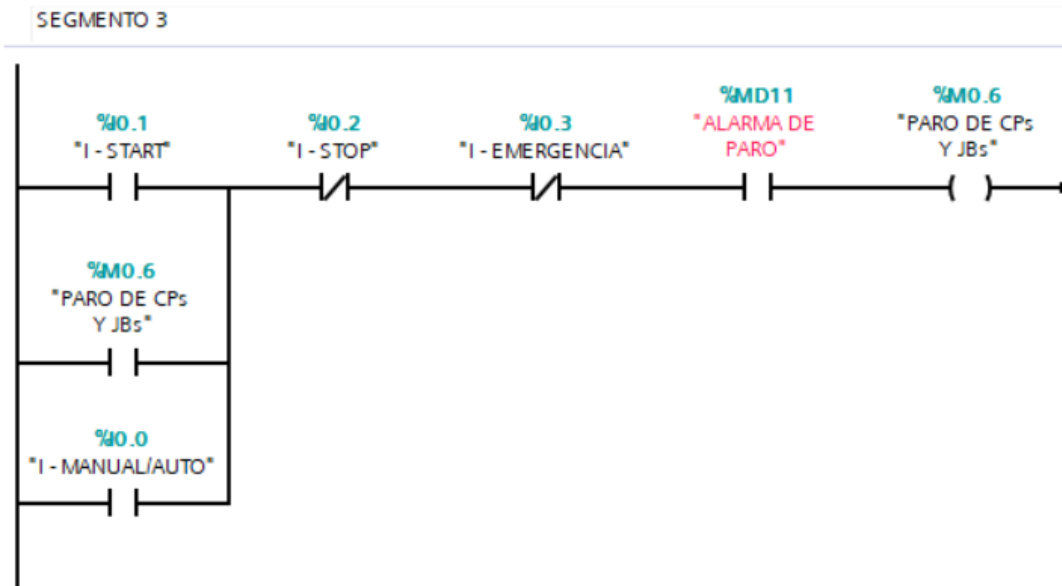


Figura 23, Grafica del segmento 3 "Alarma de Paro". Fuente: Elaboración propia.

#### D. START ACCIONAMIENTO SECUNDARIO PULLCORD:

En este segmento se enclava el ACCIONAMIENTO SECUNDARIO PULLCORD y solo puede detenerse con un STOP, un accionamiento de un switch de paro, como pullcord, travel switch, rip belt; parando el variador de velocidad de los motores de la polea de cabeza y cola de la faja.

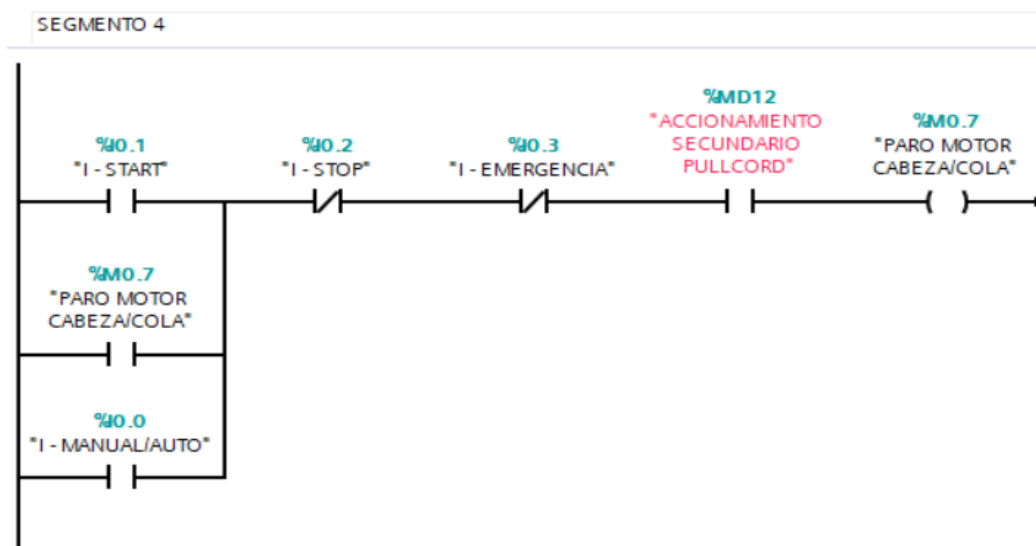


Figura 24, Grafica del segmento 4 "Accionamiento Secundario". Fuente: Elaboración propia.

### E. ESTADO FINALIZAR:

En este programa se adiciona una variable AND, debido a que la PARADA DE EMERGENCIA sea accionada siempre en cuando se pare los JB's y CP's junto a los variadores de velocidad de los motores de la cabeza y cola de la Faja.

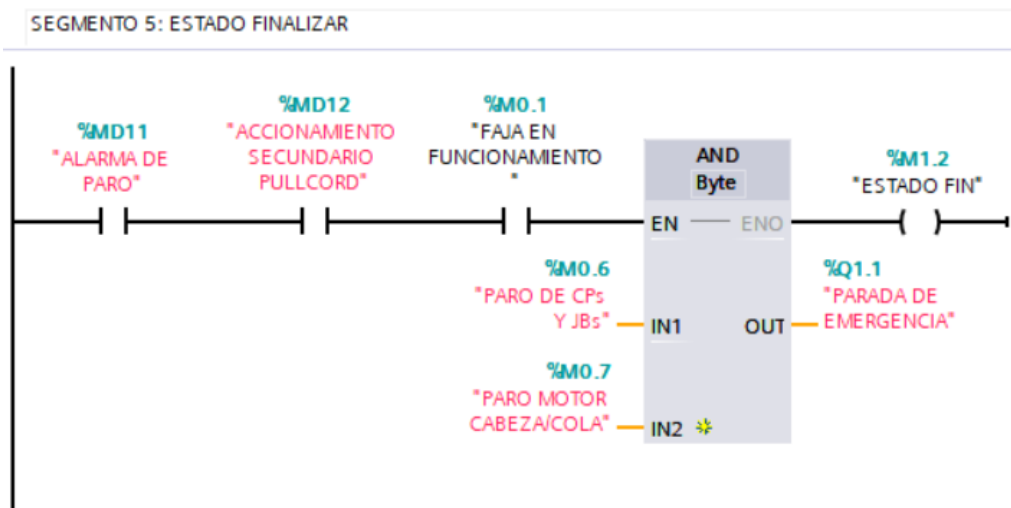


Figura 25, Grafica del segmento 5 "Estado Finalizar". Fuente: Elaboración propia.

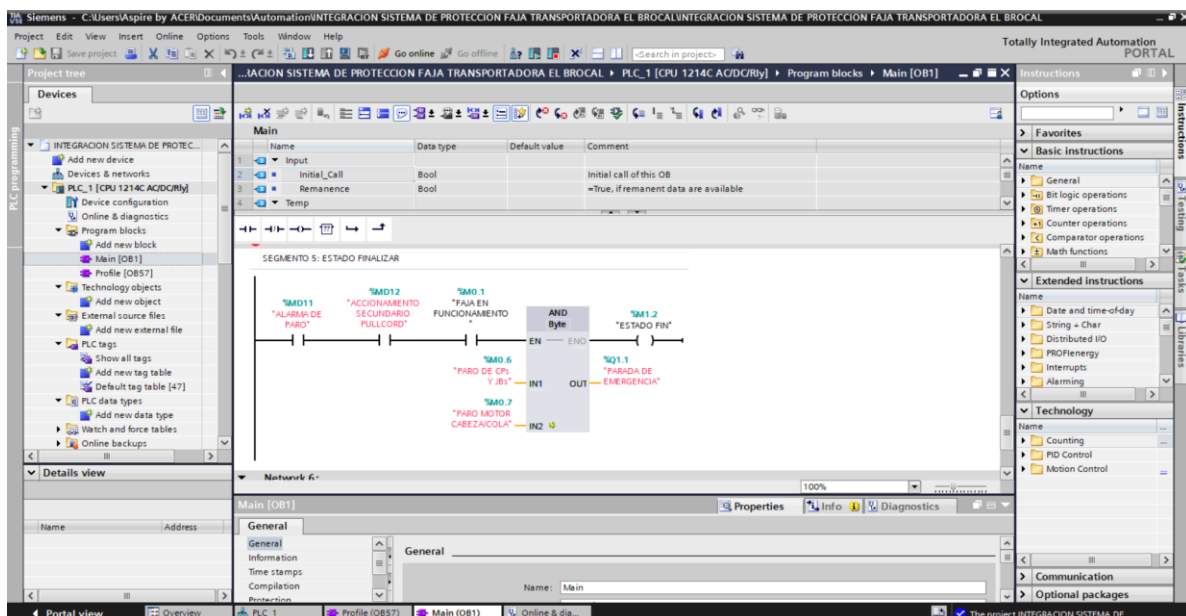


Figura 26, Marcha del Programa PLC S7 1200 - TIA PORTAL V14. Fuente: Elaboración propia

### 3.1.5. Alcances del Proyecto.

#### A. Entregables.

- *Lista de criterios de diseño de instrumentos y control.*
- *Especificaciones técnicas de los equipos de control y materiales.*
- *Especificaciones técnicas para el montaje de los equipos de parada de emergencia.*
- *Hoja de datos de los equipos de parada de emergencia.*
- *Especificaciones técnicas del sistema de gestión*
- *Hoja de datos del sistema de gestión.*
- *Listado y costos de equipos de parada de emergencia.*
- *Listado y costos de materiales.*
- *Planos y diagramas de instalación y diseño.*

#### B. Exclusiones del proyecto.

- *Suministro Eléctrico para el sistema.*
- *Guardas de fajas, cajas de paso.*
- *Configuración del PLC.*

#### C. Supuestos.

- *Los permisos de SIGMASS será entregado al instante.*
- *Los permisos para implementar los componentes y equipos lo realizarán Sociedad Minera El Brocal un día antes de ejecutarlo.*
- *No habrá contratiempos en la instalación de los sensores..*
- *No habrá contratiempos en la contratación de Recursos Humanos.*

### 3.1.6. Estructura del diseño.

En el siguiente grafico se muestra el diseño del esquema general de funcionamiento del Sistema de Parada de Emergencia para la faja transportadora con los sensores Pull Cord, y los sensores Travel Switch para el desalineamiento de la faja.

**FAJA TRANSPORTADORA OVERLAND EL BROCAL 5.2 Km**

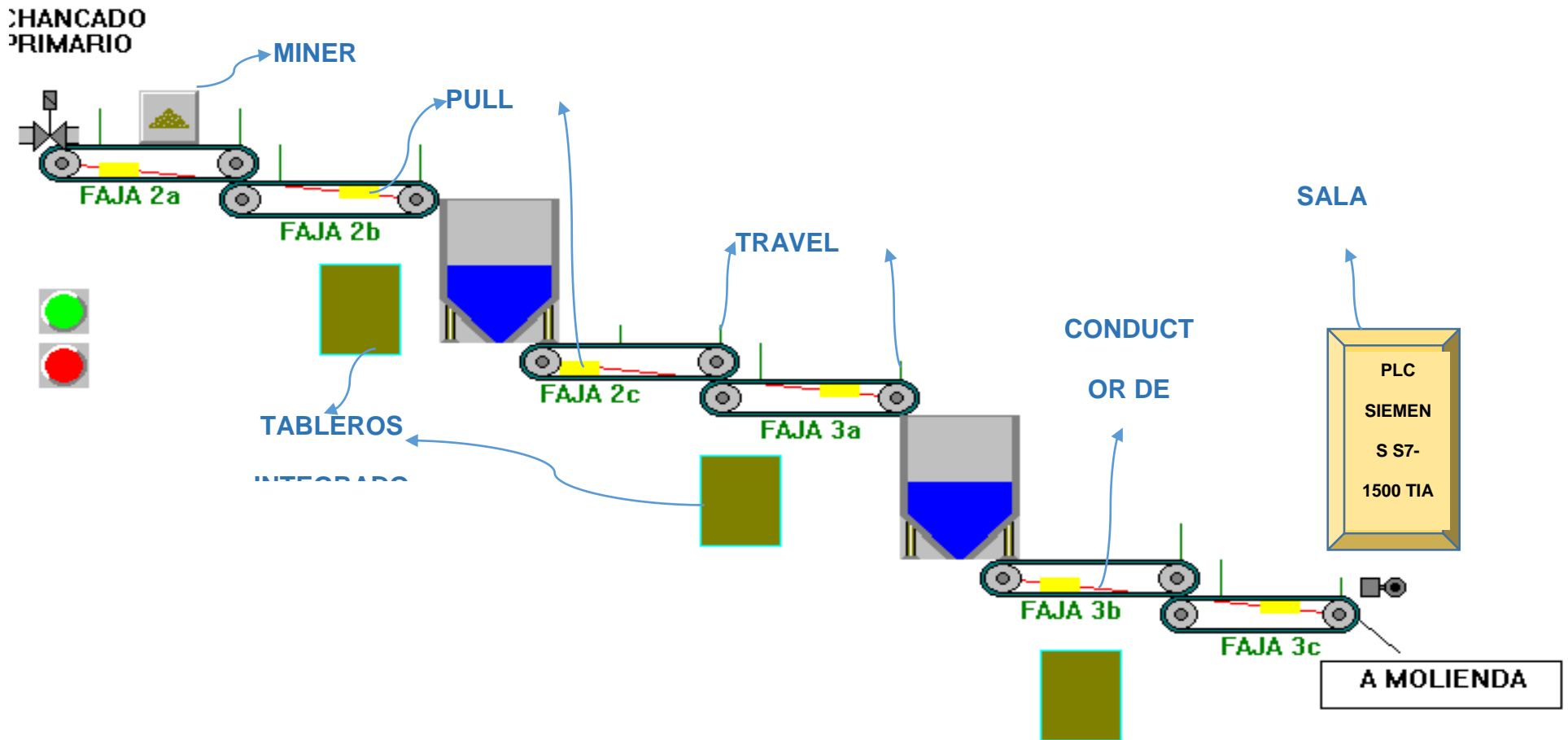
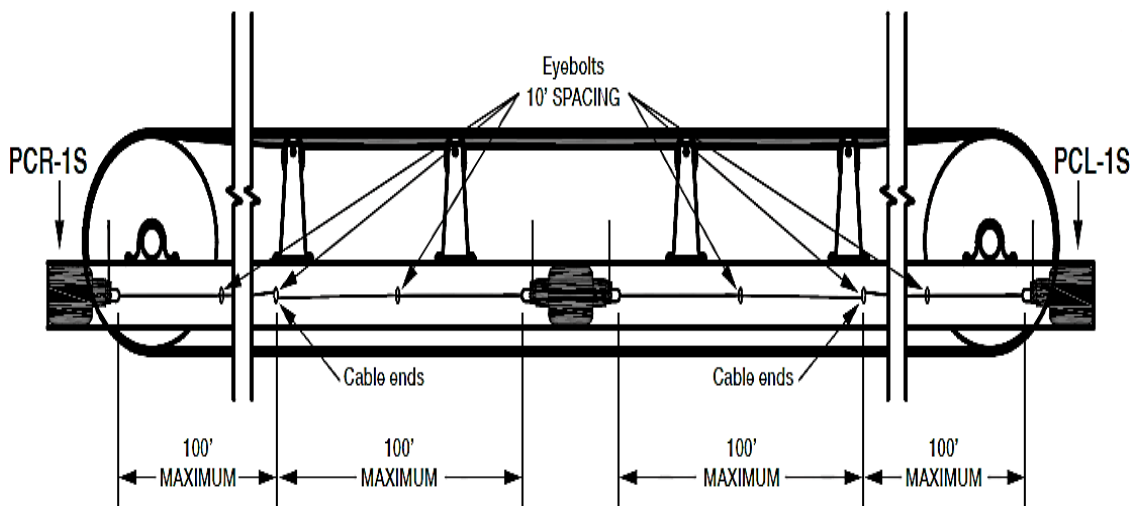
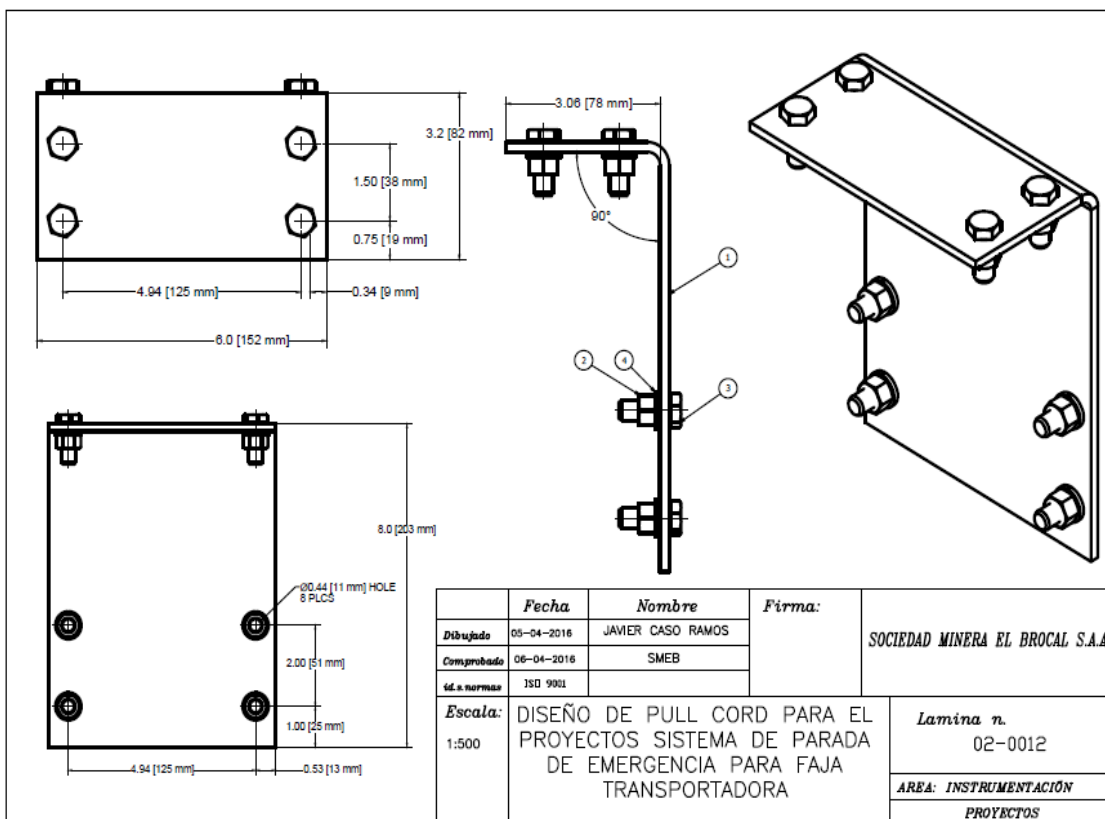


Figura 27, Esquema General Del Sistema De Parada De Emergencia. Fuente: Elaboración Propia.

**A. Diseño de la ubicación de las bases de Pull Cord y Travel Switch.**



**Figura 28, Ubicación De Bases De Pull Cord. Fuente: Conveyor Components.**



**Figura 29, Diseño De Base De Instalación De Pull Cord. Fuente: Elaboración Propia.**

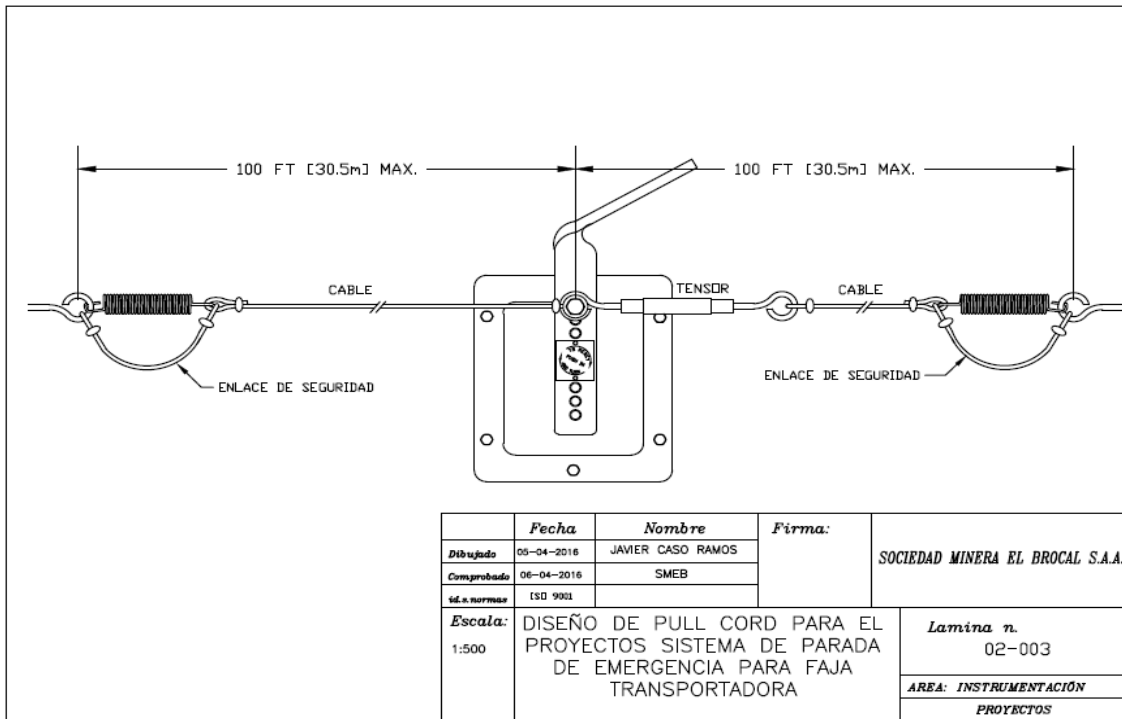


Figura 30, Diseño De Instalación Pull Cord. Fuente: Elaboración Propia.

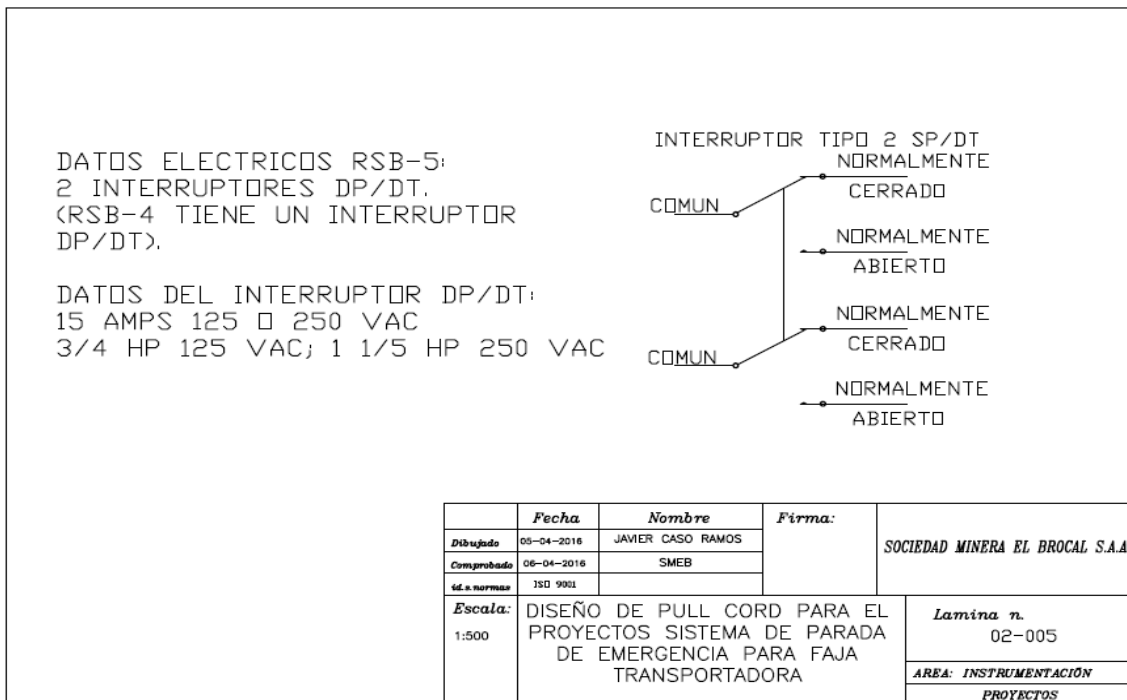
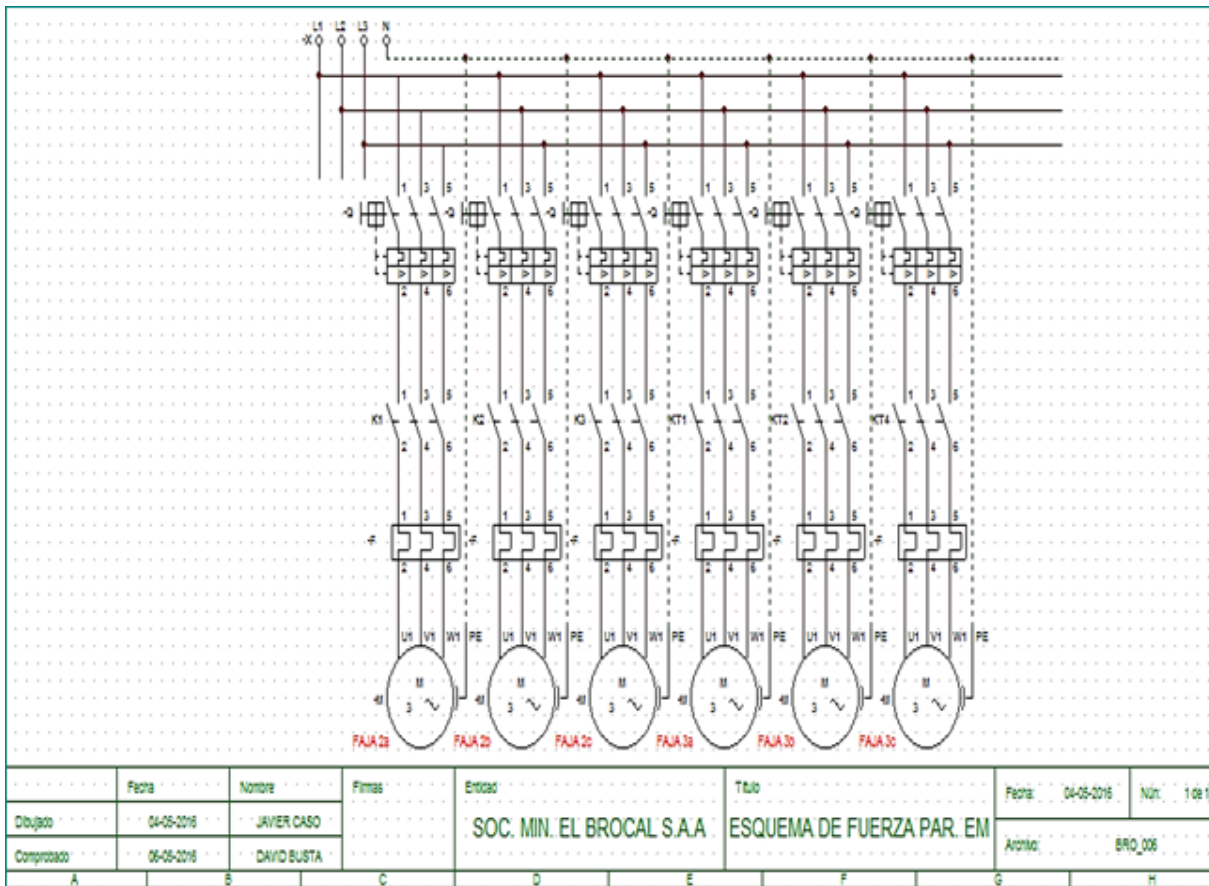


Figura 31, Contactos Internos Del Pull Cord. Fuente: Elaboración Propia.



- B. Diseño de la ubicación y las bases de los tableros de integración del sistema de parada de Emergencia.
- C. Diseño de los planos de cableado a los componentes y el tablero de integración.
- D. Diseño de los planos de esquemas eléctricos de fuerza y control.



**Figura 32, Esquema De Fuerza De Parada De Emergencia. Fuente: Elaboración Propia.**

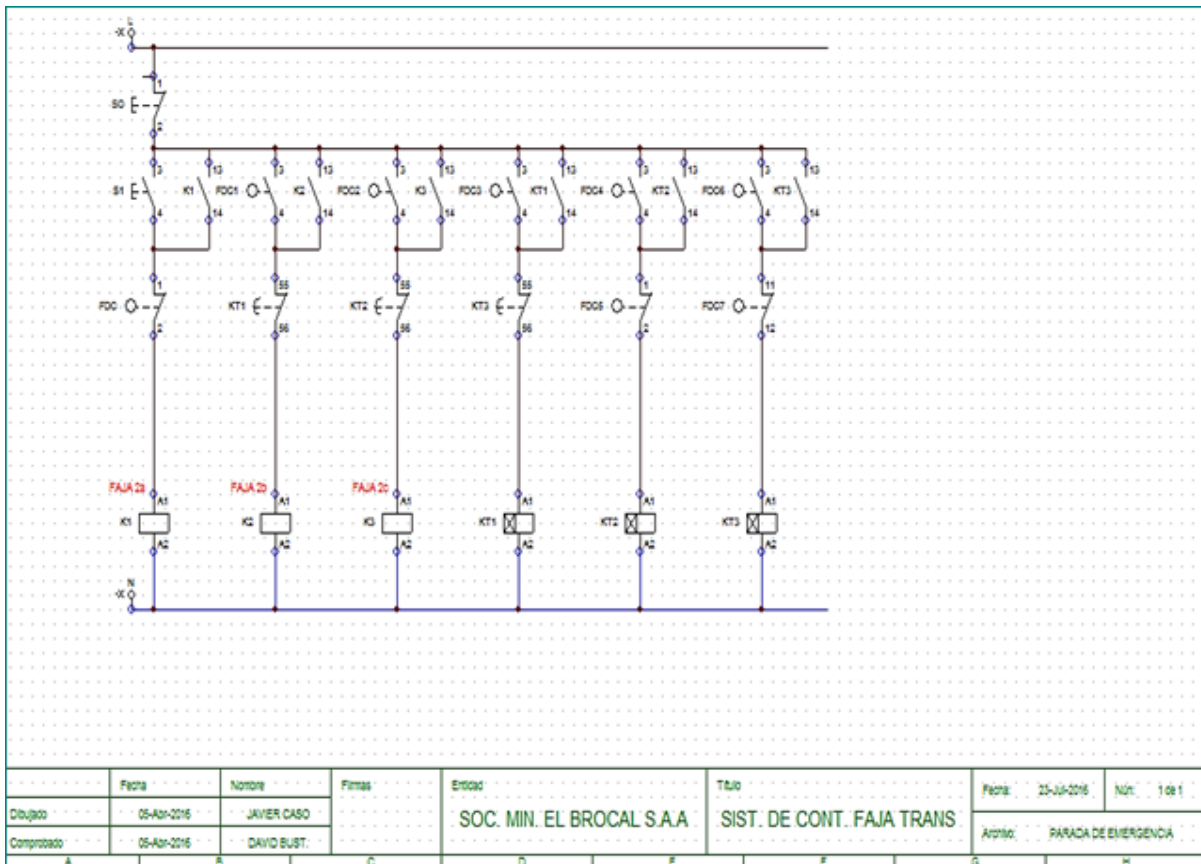


Figura 33, Esquema De Control De Parada De Emergencia. Fuente: Elaboración Propia.

E. Diseño de los planos de conexionado de los sensores Pull Cord y Travel Switch.

### 3.1.7. Análisis de la futura implementación del proyecto.

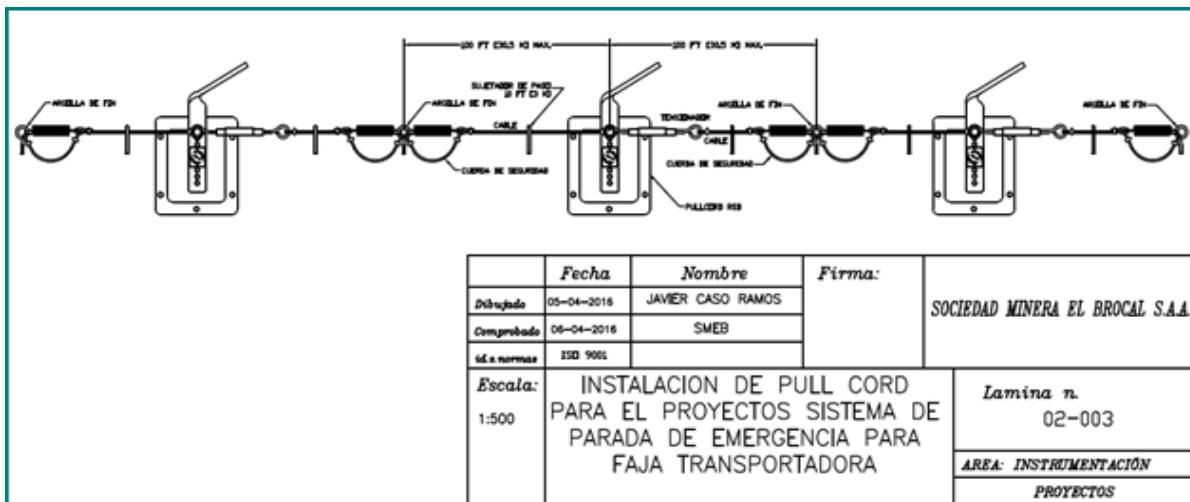


Figura 34, Instalación De Pull Cord Con Accesorios. Fuente: Elaboración Propia.

Para el cierre del proyecto, se realizará el Comisionamiento de todo el equipamiento instalado los cuales se inspeccionarán:

Pruebas e inspección de Pull Cord:

- Se inspecciona la instalación del cable de acero.
- Se inspecciona el conexionado en los contactos internos (Anexo 4).
- Se inspecciona la continuidad e integración de cada Pull Cord desde tablero integrador (Anexo 1).
- Se realiza medición de nivel de aislamiento.
- Se realiza pruebas con activación manual y programada desde sala.

Pruebas e inspección de Travel Switch:

- Se inspecciona el ángulo de inclinación y la distancia a la faja.
- Se inspecciona el conexionado en los contactos internos (Anexo 6).
- Se inspecciona la continuidad e integración de cada Travel Switch desde tablero integrador (Anexo 2).
- Se realiza medición de nivel de aislamiento.
- Se realiza pruebas con activación manual y programada desde sala.

Inspección de la instalación y montaje del Tablero Integrador

- Se verifica con plano el conexionado de integrador.
- Se verifica las cajas de conexiones con plano de lazo (Anexo1).
- Se realiza medición de nivel de aislamiento del tablero.
- Se realiza medición de continuidad en borneras de paso.

Verificación de programación de PLC

- Se realiza pruebas en vacío con el sistema integrado.
- Se pone en funcionamiento el sistema.
- Se aprueba el proyecto en conjunto con supervisión de Sociedad Minera El Brocal.

### 3.2. Conclusiones.

Con la realización de este diseño se llegó a las siguientes conclusiones y recomendaciones para la mejora futura de este.

- Se logro diseñar un sistema integral de parada de emergencia con control automático y manual Pull Cord, para la faja transportadora Overland que será presentada a la minera el brocal.
- Tras la simulación de la puesta en marcha del sistema se obtuvieron resultados satisfactorios que confirman la reducción del porcentaje de accidentes y daños al personal que operara la faja transportadora, con esto podemos confirmar un aporte en la mejora del sistema de Gestión de la Seguridad de la empresa.
- Se realizó la programación del PLC S7 1200 y se simulo en la plataforma TIA PORTAL V14: (programación en bloques), donde se detallaron paso a paso los resultados del funcionamiento del sistema.
- Se realizó la delimitación de los alcances, donde se formularon relaciones detalladas de los entregables, las exclusiones, las restricciones y las consideraciones a los que el proyecto estará sujeto.
- Se diseñó el esquema general de la estructura del funcionamiento que tendrá el sistema de parada de emergencia de la faja transportadora. también se diseñó esquemas de las bases de los sensores Pull Cord, y Travel Switch.
- Se realizó el diseño del montaje de los sensores Pull cord (Parada de Emergencia), Travel Switch (Deslizamiento de Faja), Belt Rip (Rotura de Faja), con control independiente desde las Junction box y Sala Eléctrica.
- Se realizó el diseño del montaje de los tableros integradores armados, tendido de conductor de control, tendido de cable de acero, conexionado de sensores, instalación del cable de acero a los Pull Cord.
- Se realizó la matriz de asignación de responsabilidades y también el cronograma que se seguirá en la futura implementación del proyecto, estos se encuentran anexados al proyecto.

- Se realizó un cuadro de los gastos que genera el diseño y la implementación del proyecto que sumandos resultan el presupuesto general, el mismo que será presentado adjunto a la propuesta técnica a la directiva de la sociedad minera el brocal.

### 3.3. Recomendaciones.

Entre las recomendaciones podemos mencionar.

- Queda pendiente la futura implementación del sistema donde es necesario contar con los planos a detalle, integración con otras áreas para que conozcan el funcionamiento y elaborar manuales según el avance del proyecto.
- Las estadísticas de accidentes suscitados en la operación de la faja transportadora que se muestran en el presenta trabajo, corresponden a la última década, en la futura implementación es necesario actualizar la información para tener un mejor panorama de la realidad problemática.
- En cuanto a la utilización de los softwares se optaron por plataformas económicas, pero se podrían utilizar softwares de carácter profesional que elevarían el presupuesto del sistema.
- En la futura implementación es importante contar y utilizar las herramientas adecuadas, para aumentar el tiempo de vida de los componentes, ya que por las propiedades del mineral el tiempo de vida se reduce al 40% en todos los accesorios del sistema de parada de emergencia.
- Respecto a las pruebas en campo se recomienda que todas sean en vacío sin carga, para evitar daños en los instrumentos y los sensores, cada uno alimentado a los tableros integradores.

**CAPÍTULO IV**  
**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## 4.1. BIBLIOGRAFÍA.

### A. Libros.

- *Memoria de cálculo para bandas transportadoras (Montecinos Delgadillo, Javier).*
- *Fajas transportadoras en minería (BISA).*
- *Libro de transportadores (Antonio Miravete).*
- *Libro instrumentos para tableros.*

### B. Tesis.

- *Isue\_27\_2012espesador*
- *Cabrejos\_sj procesam metalurg. Tesis*
- *Estrategias competitivas para el desarrollo sostenido el Brocal. Tesis (Escudero simón William)*

### C. Artículos de Internet

- [www.elbrocal.com](http://www.elbrocal.com)
- [www.cintatransportadoras.es](http://www.cintatransportadoras.es)
- <https://elcomercio.pe/economia/dia-1/buenaventura-brocal-transformara-productor-100-cobre-noticia-524838>
- <https://www.bnamericas.com/company-profile/es/sociedad-minera-el-brocal-saa-el-brocal>
- <https://www.bloomberg.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=877577>
- <http://www.wong-cia.com/wong/portfolio/mercurio/>
- <http://ecorsa.com.pe/index.php/productos/fajas-trasportadoras.html>
- <http://www.conveyorcomponents.com/es/producto/interruptor-de-parada-de-emergencia-pullcord>
- <https://www.eecol.cl/control-y-maniobra/4802-switch-de-parada-de-emergenciapull-cord-activacion-por-tension.html>



**CAPÍTULO V**  
**GLOSARIO DE TÉRMINOS**

## 5.1. GLOSARIO DE TÉRMINOS.

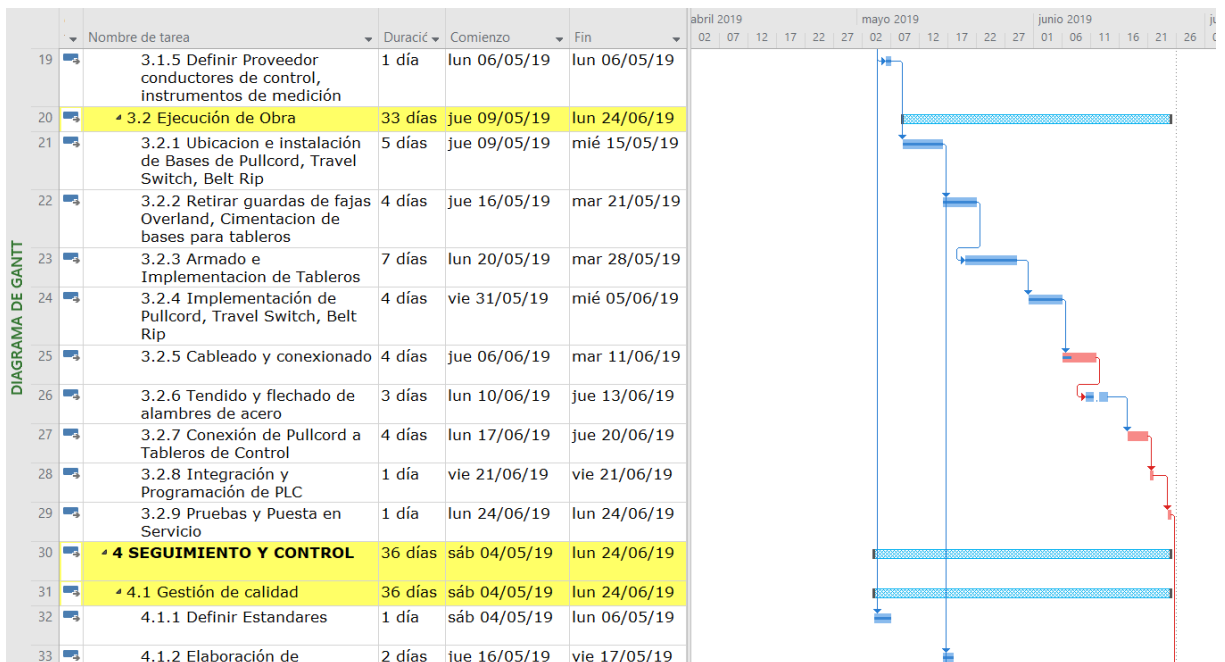
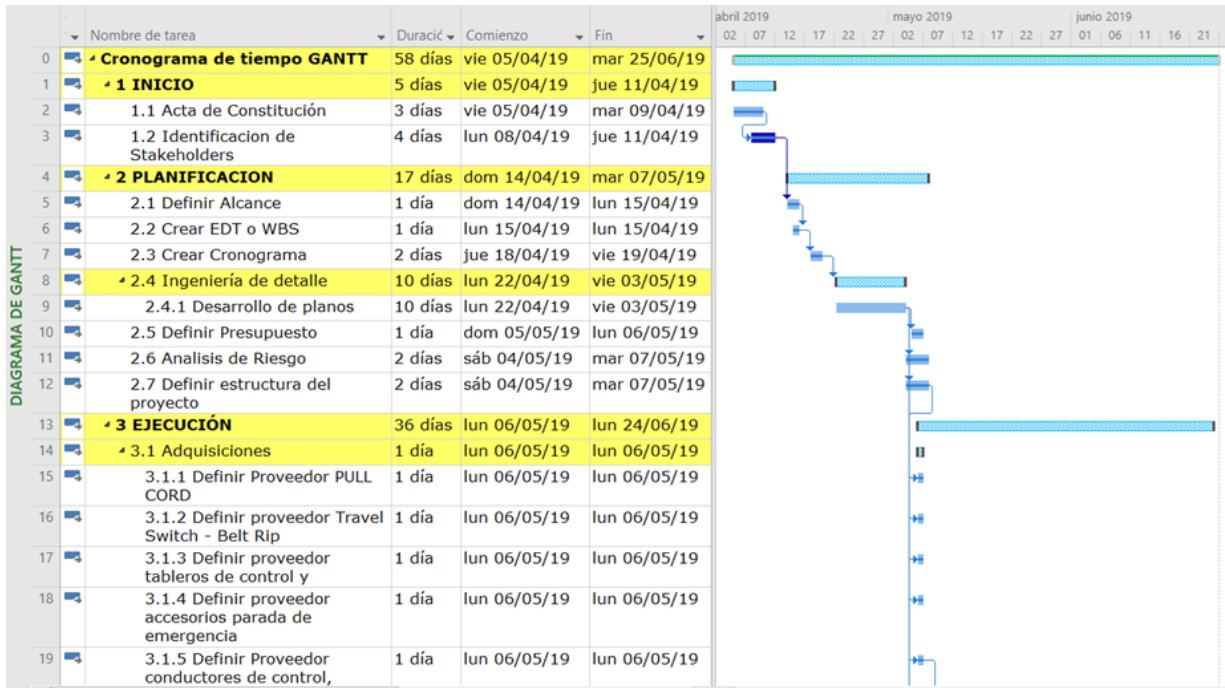
- *SMEB: Sociedad Minera El Brocal*
- *JB: Junction box (Caja de conexiones)*
- *TMD: Toneladas métricas por día*
- *TMH: Toneladas métricas por hora*
- *Pullcord: Interruptor de doble estado con accionamiento parada de emergencia.*
- *Travel Switch: Interruptor de doble estado para desalineamiento de faja.*
- *I/O PLC: Entradas analógicas y digitales.*
- *Overland: Faja transportadora de gran longitud.*
- *Belt rip: Sensor de rotura de faja.*
- *TIA PORTAL V13: Programa de programación para PLC Siemens.*
- *CPs: Tablero de control y comunicación a distancia con PLC.*
- *JBs: Tablero de conexiones y envío de señal de Pullcord a CPs*
- *Remota: Accionamientos en campo.*
- *Tablero integrador: Tablero principal PLC*
- *NA: Normalmente abierto*
- *NC: Normalmente cerrado*
- *Tensor de tornillo: Argolla con resorte para templar cuerda de Pullcord.*
- *Faja transportadora: Sistema de transporte automático de mineral.*
- *Chancado primario: Equipo o máquina que realiza el primer proceso de chancado del material. Éste puede ser un chancador giratorio, el que está formado por una superficie fija y una móvil, ambas con la forma de un cono invertido.*

## **CAPÍTULO VI**

### **ANEXOS**

## Anexo 1.

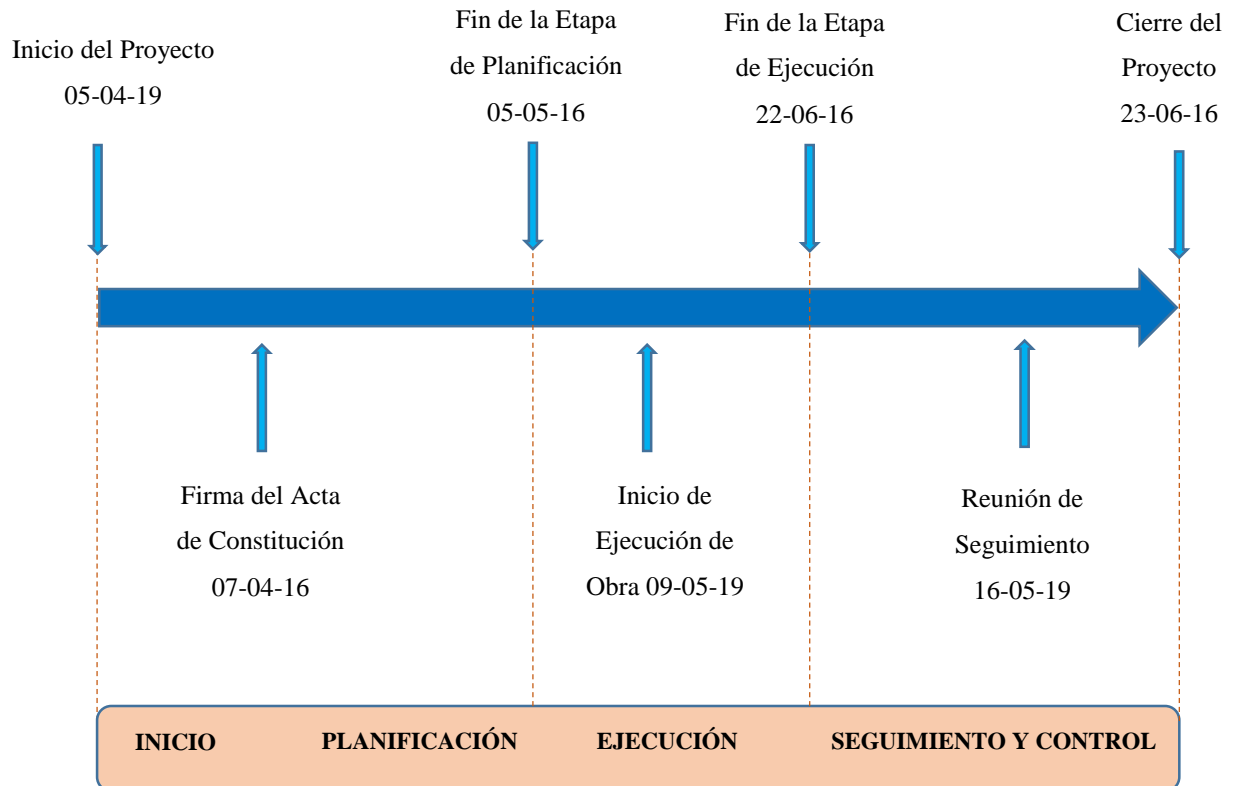
### Cronograma del Proyecto.





## Anexo 2.

### Hitos del Proyecto.



## Anexo 3.

### Cuadro de Costos.

#### Presupuesto

Presupuesto :1201001 PROYECTO INSTRUMENTACION PARADA DE EMERGENCIA PARA FAJA TRANS.

Subpresupuesto:001 SISTEMA DE PARADA DE EMERGENCIA PARA FAJA TRANSPORTADORA EL BROCAL

Cliente :SOCIEDAD MINERAL EL BROCAL S.A.A.

Costo al: 15/12/2018

Lugar :PASCO-PASCO-HUARAUCACA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (\$)	Parcial (\$)
01	TRABAJOS PRELIMINARES				30,000.00
01.01	Estudios Preliminares	glb	1.00	6,000.00	6,000.00
01.02	Planos	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
01.03	Expediente Tecnico	glb	1.00	11,000.00	11,000.00
01.04	Permisos	glb	1.00	8,000.00	8,000.00
02	IMPLEMENTACION DE TECNOLOGIA				113,588.32
02.01	SISTEMA PLC				12,727.20
02.01.01	Controlador PLC SIMATIC S7-1500 (CPU 1516-3 PN/DP)	eq	1.00	6,912.00	6,912.00
02.01.02	Software TIA PORTAL STEP V13	glb	1.00	1,671.00	1,671.00
02.01.03	Fuente de Alimentacion S7-1500 PM 1507 24VDC./3A.	glb	1.00	368.00	368.00
02.01.04	Tarjeta de Memoria S7-1500 (memory card 256Mb)	glb	1.00	806.70	806.70
02.01.06	Modulos de Entradas Digitales I/O S7-1500 (contador 32 canales 24VDC HF.)	glb	1.00	697.60	697.60
02.01.07	Modulos de Salidas Digitales DO S7-1500 (24VDC/0.54 STO.)	glb	1.00	650.00	650.00
02.01.08	Módulo de Comunicacion S7-1500 (CM 1542-5 Profibus)	glb	1.00	1,417.40	1,417.40
02.01.05	Conectores Frontales para modulos entradas digitales I/O S7-1500	glb	1.00	73.50	73.50
02.01.09	Perfil de Soporte S7-1500 830mm. (Incluye tornillo de tierra, riel DIN integrado)	glb	1.00	107.00	107.00
02.01.10	Cable Ethernet S7-1500	m	30.00	0.80	24.00
02.02	TABLEROS ELECTRICOS				16,800.00
02.02.01	Tablero Electrico Integrador Schneider Electric (2000x800x800 mm.), y componentes.	glb	4.00	4,200.00	16,800.00
02.03	EQUIPAMIENTO				84,061.12
02.03.05	Pull Cord Parada de Empergencia Doble RSB	glb	104.00	382.00	39,728.00
02.03.06	Travel Switch Control de Alineamiento de Faja (general purpose, 2 DP/DT)	glb	104.00	290.00	30,160.00
02.03.04	Conductor cable de Control tipo CCT-B (4 conductores x 16 AWG)	m	10,400.00	0.80	8,320.00
02.03.02	Cable de Acero Galvanizado 6x7 + FC 1/8	m	10,400.00	0.35	3,640.00
02.03.03	Kit Tensor para cable de acero	kit	208.00	10.60	2,204.80
02.03.01	Terminales opresores para cables de control (min16 AWG - max. 14AWG)	und	416.00	0.02	8.32
03	OPERACION DEL SISTEMA PARADA DE EMERGENCIA				11,700.00
03.01	COMISIONAMIENTO				11,700.00
03.01.01	Comisionamiento	glb	1.00	11,700.00	11,700.00
	COSTO DIRECTO				155,288.32
	GASTOS GENERALES (16%CD)				24,846.13
	UTILIDAD (15% CD)				23,293.25
	SUB TOTAL				203,427.70
	IMPUESTO IGV 18%				36,616.99
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>240,044.69</b>
<b>SON: DOSCIENTOS CUARENTA MIL CUARENTICUATRO Y 69/100 DOLARES AMERICANOS</b>					

## Anexo 4.

### Matriz de asignación de Responsabilidades.

PROYECTO	SISTEMA DE PARADA DE EMERGENCIA PARA FAJA		RESPONSABLE			SPONSOR
EDT	PRODUCTO O ENTREGABLE					SOCIEDAD MINERA EL BROCAL
IDENTIFICACIÓN	IDENTIFICACIÓN ASOCIADA	DESCRIPCIÓN DE LOS REQUISITOS	CARLOS SOSA DAVILA	JAVIER CASO RAMOS	DAVID BUSTAMANTE RIOS	
<b>INICIO</b>	1.0	kick off	x	x		
	1.1	Acta de constitución	x	x		
	1.2	Identificación de stakeholders		x	x	
<b>PLANIFICACIÓN</b>	2.0	Definición de alcance		x	x	
	2.1	Creación del EDT		x		
	2.2	Creación del cronograma		x		
	2.3	Definir la estructura del proyecto		x		
	2.4	Ingeniería de detalle	x			
	2.4.1	Desarrollo de planos	x		x	
	2.5	Definir el presupuesto	x			
	2.6	Análisis de riesgos		x		
	2.7	Estudio demanda del mercado			x	
<b>EJECUCIÓN</b>	3.0	Adquisiciones		x		
	3.0.1	Definir proveedor de equipamiento Pull Cord y Travel Switch	x			
	3.0.2	Definir proveedor de accesorios de Pull Cord y Travel Switch		x		
	3.0.3	Definir proveedor de suministro de Tableros de Integración	x			
	3.0.4	Definir proveedor de materiales Tableros de Integración			x	
	3.0.5	Definir autorización equipamiento Sistema de parada de emergencia			x	
	3.1	Implementación de tecnología Parada de emergencia			x	



	3.1.1	Sistema de Pull Cord	x			
	3.1.2	Equipamiento Travel Switch	x			
	3.2	Sistema PLC			x	
	3.2.1	Instalación de sistema PLC		x		
	3.3	Sistema de Integración			x	
	3.3.1	Instalación de Tableros		x		
	3.3.2	Implementación de componentes de tableros	x			
	3.4	Red de Comunicación		x		
	3.4.1	Instalación de módulo de comunicación S7-1500		x		
	3.5	Sistema TIA PORTAL V13	x			
	3.5.1	Integración de PLC con Software TIA PORTAL				
	3.6	Operación de sistema de Parada de Emergencia	x	x	x	
	3.6.1	Comisionamiento	x	x	x	
<b>SEGUIMIENTO Y CONTROL</b>	4.0	Gestión de la calidad		x		
	4.0.1	Definir estándares			x	
	4.0.2	Elaboración de procedimientos		x		
	4.0.3	Control de calidad		x		
	4.1	Comunicaciones	x			
	4.1.1	Reunión de seguimiento	x			
<b>CIERRE</b>	5.0	Adquisiciones	x			
	5.0.1	Confirmación de servicio	x			
	5.1	Lecciones aprendidas	x	x	x	
	5.2	Closet out	x	x	x	

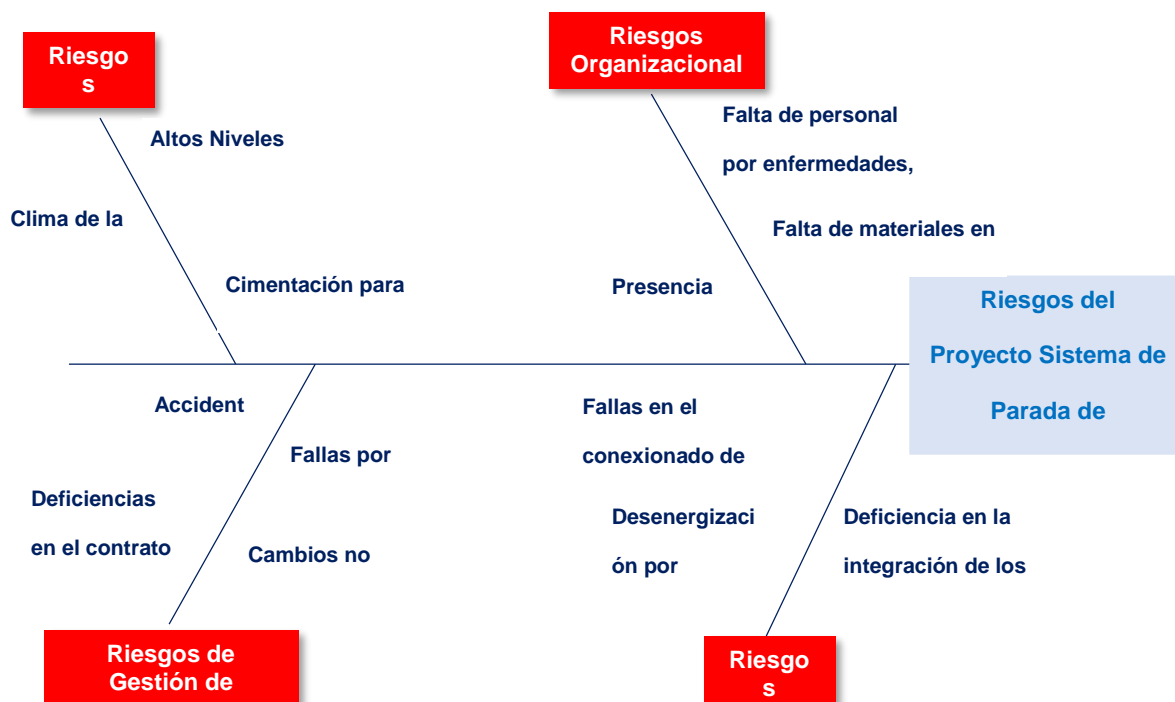
## Anexo 5:

### Directorio De Interesados Del Proyecto.

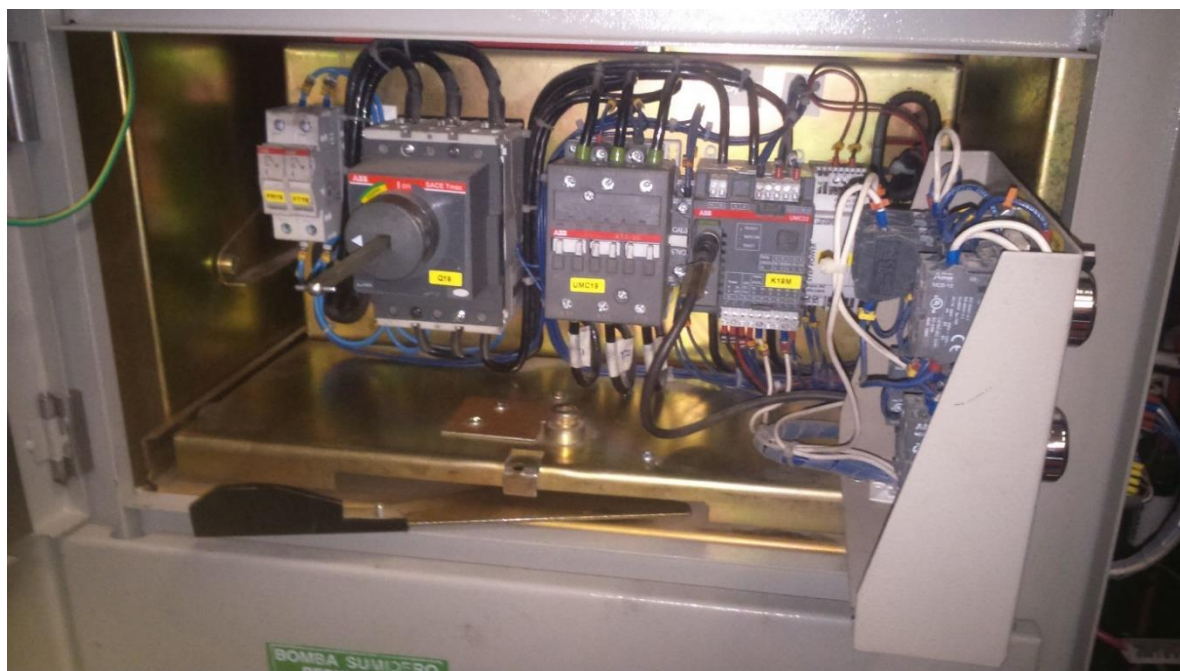
Nombre	Rol	Categoría	Influencia en el Proyecto	Número de Teléfono	Correo Electrónico
Carlos Herrera Bullón	Sponsor SMEB	Externo	Alto	*235432	herrerab@elbrocal.com.pe
Javier Caso Ramos	Gerente del Proyecto	Interno	Alto	*237534	caso_r@elbrocal.com.pe
Carlos Sosa Dávila	Ingeniería del Proyecto	Interno	Alto	*235434	sosa_d@elbrocal.com.pe
David Bustamante R.	Supervisión y Control del Proyecto	Interno	Alto	*236799	david_br@elbrocal.com.pe
Elmer Cristóbal E.	Operaciones del proyecto	Interno	Medio	*234467	elmer_ce@elbrocal.com.pe
Diana Caudillo Ruiz	Equipo de Finanzas	Interno	Medio	*236610	caudillo_r@elbrocal.com.pe
Juan Ramos A.	Equipo de Adquisiciones	Interno	Medio	*233122	j_ramos@elbrocal.com.pe

## Anexo 6.

### Diagrama De Ishikawa Identificación de Riesgos Del Proyecto.



**Anexo 7.**  
**Junction Box (caja de conexiones) Tablero integrador**



**Anexo 8.**  
**Integración con faja transportadora 2a, 2b, 2c**



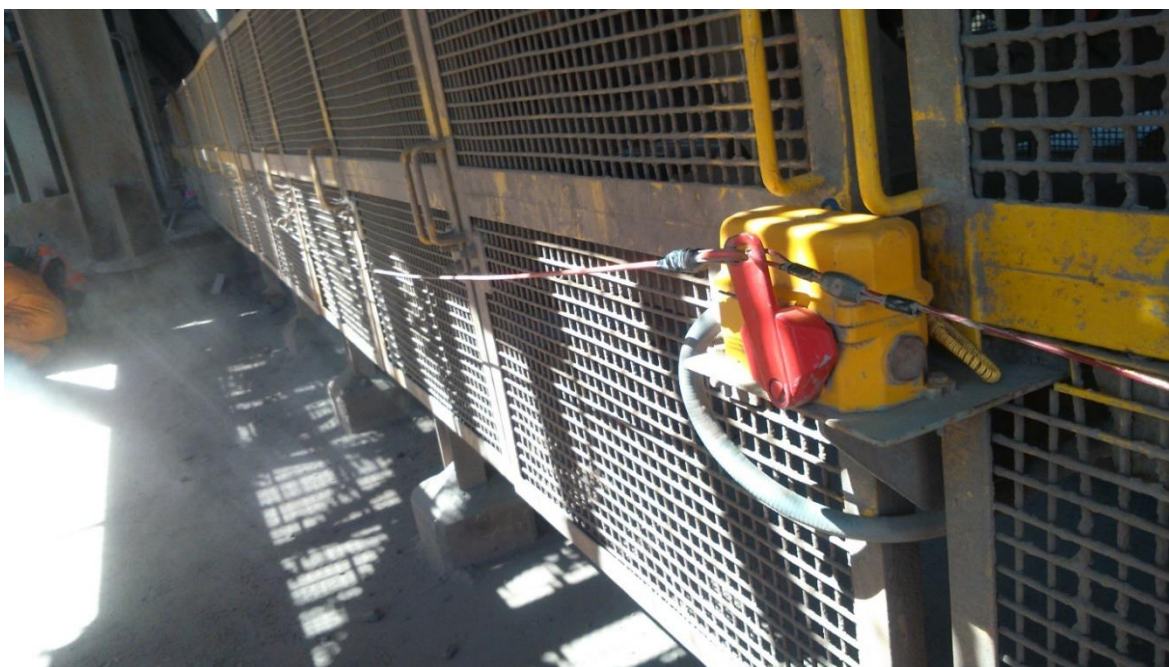
**Anexo 9.**  
**Integración con Faja transportadora 3a, 3b, 3c**



**Anexo 10.**  
**Conexionados contactos internos Pull Cord**



**Anexo 11.**  
**Instalación de Cable de acero Pull Cord.**



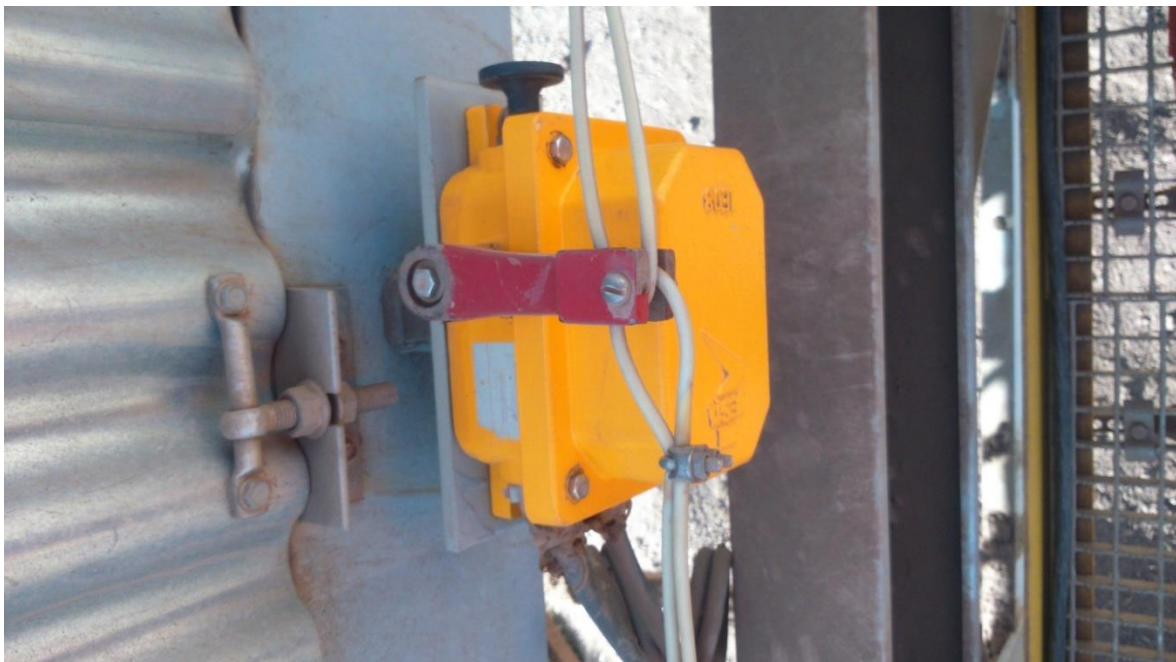
**Anexo 12.**  
**Conexión de contactos internos Travel Switch**



**Anexo 13.  
Travel Switch**



**Anexo 14.  
Pull Cord**



**Anexo 15**  
**Faja Transportadora Overland.**

