

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSE MIGUEL CARRERA

AUMENTO DE DISPONIBILIDAD DE LA CINTA TRANSPORTADORA

Trabajo de Titulación para optar al Título de Técnico
Universitario en Minería y Metalurgia.

Alumno:

Diego Pino Méndez.
Francesca Fernández Álvarez.

Profesor Guía: Ricardo Cuidad Cartagena.

Jefe de Carrera: Luis Gutiérrez M.

2021

Resumen:

Keywords: MEJORA CONTINUA AL SISTEMA DE CORREAS, DIVISIÓN EL TENIENTE.

La deprimida situación económica por la que atraviesa el país ha golpeado fuertemente a todos los sectores productivos, especialmente a la minería. Una realidad que también ha repercutido en la oferta de correas transportadoras, la cual ha disminuido tras la serie de proyectos mineros que están detenidos y otros que están en estudio. Hoy en día las compañías mineras están en la búsqueda mediante estudio de modelos, políticas, formas para reducir costos de operación y aumentar la capacidad de mantener, en buen funcionamiento, un equipo durante su vida útil, y en caso de falla restablecerlo en la línea de producción lo antes posible. Y si bien las compras de correas ha disminuido, no ocurre lo mismo con las compras de componentes y repuestos.

En el trabajo se presenta información de la correa BF-01, que tiene por intención dar a conocer una cinta que es utilizada por la minería, permitiendo al personal la sección donde se realizara el estudio. Su carácter es general, no demasiado extensivo, pero suficiente para entender su enfoque como una guía de buenas prácticas como referencia la hora de realizar la mantención.

Con el objetivo de ver el sector Diablo Regimiento de la mina el Teniente, a fin de validar el plan creado para la utilización de correas en el nivel de transporte intermedio, recogiendo las practicas operacionales directamente como información de entrada para la guía. El modelo propuesto busca una integración efectiva entre las herramientas de mantención utilizadas en la actualidad por la División El || de Codelco, considerando la base de datos histórica de fallas, reparaciones y reportes de producción de la mina, además de incluir de manera explícita la lógica de operación e interacción del nivel de transporte intermedio (nivel de correas)

Por último este plan permite identificar las principales condiciones del proceso minero de transporte, generando intervalos de confianza para el aumento de disponibilidad, lo cual permite ajustar la estrategia de mantención y estimar su efecto en el plan global.

SIGLA

LHD's : Load Haul Dump.
US : United States.
CEMA : Conveyor Equipment manufacturers Association
RMA : Asociación de fabricantes de Caucho.

SIMBOLOGIA

% : Porcentaje
Hrs : Horas
°C : Grados Celsius
\$: Signo peso
M : Metro
TPD : Toneladas de mineral
Km : Kilómetros

Tabla de contenido:

Aumento de disponibilidad de la cinta transportadora.....	1
Resumen.....	2
Sigla.....	3
Simbología.....	3
Tabla de contenido.....	4
Índice de figuras.....	5
Índice de tablas.....	7
Introducción.....	8
Objetivos.....	10
1. Objetivos.....	10
2. Objetivos específicos.....	10
a. Alcances.....	10
Capítulo 1: Antecedentes del proceso productivo de la empresa.....	11
1.1 Antecedentes generales de la corporación.....	12
1.1.1 Productos de CODELCO.....	13
1.2 Antecedentes de la División El Teniente.....	14
1.2.1 Ubicación y acceso.....	14
1.2.2 Proceso de producción de minerales de la División El Teniente.....	15
1.3 Antecedentes Diablos Regimiento.....	16
1.3.1 Sistema de manejo de materiales.....	16
1.4 Correa transportadora BF-01.....	17
1.4.1 Características técnicas de la correa transportadora.....	18
1.4.2 Incertidumbre en la operación de correas.....	20
Capítulo 2: Determinar las distintas fuentes que producen detenciones.....	21
2.1 Las cintas transportadoras y su uso en la industria.....	22
2.1.1 Historia de las correas transportadoras.....	23
2.1.2 Tipos de correas transportadoras.....	24
2.1.3 Funcionamiento del equipo de transporte.....	26
2.1.4 Principales aspectos críticos en el dispositivo.....	31

2.2 Disponibilidad del equipo en cuestión.....	34
2.2.1 Calculo de la disponibilidad.....	35
Capítulo 3: Plan de sustentabilidad preventiva, características y beneficios.....	36
3.1 Plan de aumento de disponibilidad.....	37
3.1.1 Mantenimiento.....	37
3.1.2 Mantenimiento preventivo.....	37
3.1.2.1 Ventajas y desventajas del método.....	38
3.1.3 Fallas y reparaciones.....	39
3.2 Plan de mejora del sistema de transporte por correas.....	41
3.2.1 Pasos a seguir del plan de mantenimiento.....	42
3.2.2 Verificaciones de mantenimiento preventivo de las correas transportadoras.....	44
3.3 Proyección de disponibilidad.....	45
Conclusiones del trabajo de título.....	49
Bibliografía.....	50
Anexos.....	50
<u>Índice de figuras</u>	
Figura 1: Logotipo corporación del cobre de Chile, Codelco.....	12
Figura 2: Área fundición Caletones, piro-metalurgia.....	13
Figura 3: Cátodos de cobre obtenidos por los procesos de la División El Teniente, Machalí, Chile.....	13
Figura 4: Ubicación instalaciones División el Teniente.....	14
Figura 5: Localización 3D de las operaciones mina Diablo Regimiento.....	15
Figura 6: Niveles y cotas de las minas en operación, además de los desarrollos del nuevo nivel mina 2015.....	15
Figura 7: Esquema ubicación fases-mina Diablo Regimiento.....	16
Figura 8: Charla de capacitación 2018 Diablo Regimiento.....	18
Figura 9: Sección dela correa Bf-01 con material depositado.....	18
Figura 10: Esquema manejo de materiales Diablo Regimiento.....	19

Figura 11: Organigrama de las correas transportadoras presentes en la mina Diablo Regimiento.....	19
Figura 12: Fuentes de incertidumbre en proyectos mineros.....	20
Figura 13: Correa Transportadora tipo plana.....	24
Figura 14: Correa transportadora tipo cóncava.....	24
Figura 15: Correa transportadora tipo tubular.....	25
Figura 16: Correa transportadora tipo cerrada.....	25
Figura 17: Elaboración propia, esquema de la correa de sacrificio Bf-01.....	26
Figura 18: Controles de accionamiento con exceso de desechos del Electroimán.....	29
Figura 19: Unidad hidráulica spider de la correa Bf-01.....	29
Figura 20: Planilla Excel para chequeo de cintas, método grafico de CEMA.....	30
Figura 21: Comparación de tensión de la cinta operando en condiciones diferentes.....	32
Figura 22: Acumulación de material fino bajo correa transportadora.....	33
Figura 23: Pillow block, carcasa de los rodamientos que retiene la lubricación.....	33
Figura 24: Personal realizando labores de engrasado.....	34
Figura 25: Imagen obtenida por el profesor guía Ricardo Cuidad, formula del cálculo de disponibilidad.....	35
Figura 26: Personal realizando labores de mantención y reparación a bombas hidráulicas.....	38

Figura 27: Grado de severidad de dolencia sufrida por el trabajador.....	42
Figura 28: Recuperación dela correa transportadora.....	50
Figura 29: Reparación de banda en orden cronológico.....	51
Figura 30: Planilla Excel proyección de correas.....	52
Figura 31: Grafico mes de Enero 2020.....	53
Figura 32: Grafico mes de Febrero 2020.....	54
Figura 33: Grafico mes de Marzo 2020.....	54
Figura 34: Grafico mes de Abril 2020.....	55
Figura 35: Grafico mes de Mayo 2020.....	55
Figura 36: Grafico mes de Junio 2020.....	56
Figura 37: Grafico mes de Julio 2020.....	56
Figura 38: Grafico mes de Agosto 2020.....	57
F9gura 39: Grafico mes de Septiembre 2020.....	57

Índice de tablas

Tabla 1: Características de la correa Bf-01.....	19
Tabla 3: Tabla de correlación entre los distintos parámetros de una correa necesarios para ocupar la planilla presentada.....	31
Tabla 4: Patologías que padecen trabajadoras, así como las partes del cuerpo afectadas.....	42
Tabla 5: Lista de sugerencia de prioridad de revisiones rutinarias.....	44
Tabla 6: Resumen de datos mensuales.....	45
Tabla 7: Calculo de disponibilidad me de Enero - Octubre 2020.....	46

Introducción

En el área minera cada espacio de tiempo detenido es directamente proporcional a pérdidas de dinero, es por esto que las empresas invierten en asegurar la disponibilidad de los equipos, contratando o manejando planes de mantenimiento, ya que pueden estar a cargo de una sección, dentro de la misma empresa, o se contrata un servicio externo, con el fin de evitar en cuanto sea posible detenciones inesperados de cualquiera de los equipos involucrados en un proceso productivo.

En toda empresa industrial y en otras, debe existir una función de mantención, es fundamental en el desarrollo económico de las empresas y es un área que ofrece manejar la disponibilidad de activos físicos y móviles, en este caso de la minería.

En este trabajo de título son las cintas (correas, bandas) transportadoras de mineral, que al aumentar su funcionamiento produce una más rápida y económica producción.

En el campo laboral de la minería encontramos dos componentes principales, la mina o yacimiento, donde se extrae el material mineralizado (rocas con depósitos de mineral rentable). Y por otro lado, la planta, donde se tratan estos materiales para obtener el mineral en un grado de pureza mayor al inicial.

Estos componentes son unidos, en algunos casos, por las cintas o bandas transportadoras, que consisten en un elemento que nos permite mover un producto de un lugar a otro, por medio de una banda que variará su forma y textura de acuerdo al material a desplazar, se pueden ver en sectores industriales y empresas de distintas área de desempeño, ya sean faenas agrícolas, textiles, o en los supermercados o en aeropuertos. Todo dependerá del uso que pretenda darle el usuario y cuanto se acomode a las necesidades de producción.

Muchos ingenieros y diferentes usuarios de los transportadores de cinta, están familiarizados con el desplazamiento, ya que es la base para el diseño de los transportadores y elevadores de cintas.

Este movimiento continuo lo logra gracias a una serie de rodillos, en los cuales la banda está montada, en ambos extremos se encuentran dos tambores que permiten el avance y retroceso de la cinta en uno de ellos conectado a un motor. Por lo general eléctrico o diésel, considerando el tamaño de la cinta o el material transportado.

Sus líneas de producción son más eficientes, siendo interrumpidas por descuidos en la instalación, operación y mantención, ocasionando una falla o imperfección por falta de un método mejor, provocando una baja en su disponibilidad que pudo haberse evitado, esto produce la detención de la producción que se refleja en pérdidas económicas para la empresa.

Es por esto que, una buena mantención y limpieza en estos equipos se hace fundamental para evitar aquellas detenciones no programadas en las correas transportadoras, ya que son una pieza de suma importancia dentro del desempeño de la faena.

Objetivos

1. Objetivo general

Aumentar la disponibilidad de la cinta transportadora, considerando las fallas más recurrentes que provocan detenciones de planta, mediante un plan de mantenimiento preventivo.

2. Objetivos específicos

- Identificar el sistema de transporte, mediante sus procesos productivos, funciones administrativas y características técnicas.
- Determinar las distintas fuentes críticas que producen paradas o detenciones programadas o no programadas y la disponibilidad que posee la correa, por medio de información recopilada en tablas.
- Generar el plan de sustentabilidad preventivo, detallando sus características y beneficios, a través de datos específicos obtenidos por catálogos de la empresa.

a. Alcances

- El trabajo considera un nivel de transporte intermedio que funciona por sistema de correas transportadoras.
- En el nivel de producción trabajan equipos LHD's que cargan el mineral en los distintos puntos de extracción y lo trasladan a el chancador de mandíbula correspondiente a ese punto.
- El nivel de transporte intermedio se compone por un sistema de correas transportadoras las cuales llevan el material desde los chancadores de mandíbula a un chancador giratorio principal.
- Se consideraran los diseños del sistema minero ya establecido, sin variaciones durante el estudio.
- Las interferencias operacionales relevantes para este estudio serán las producidas por fallas y mantenciones en los equipos, generando los cuellos de botella en los distintos niveles de la operación y afectando de esa manera a los otros niveles.
- Se ocuparan los datos recopilados de la División El Teniente para realizar la validación de la tesis.

CAPITULO 1: ANTECEDENTES DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA.

1.1 Antecedentes generales de la corporación

CODELCO (corporación nacional del cobre de Chile), es una empresa autónoma estatal, principal productora de cobre de mina del mundo, líder en reservas del mineral a nivel planetario y motor de desarrollo del país. (CODELCO, 2020)

Su negocio principal es explorar, desarrollar y explotar recursos mineros, procesarlos para producir cobre refinado y subproductos, y luego comercializarlos a clientes en todo el mundo. Este trabajo lo hace a través de siete divisiones: Chuquicamata, Ministro Hales, Radimiro Tomic, Gabriela Mistral, El Salvador, Andina, El Teniente, además de la fundición y refinería Ventanas. Su casa matriz se ubica en Santiago, desde donde se coordina la estrategia corporativa, desarrollada por un directorio formado por nueve integrantes y el presidente ejecutivo de la empresa. (CODELCO, 2020)

Sus ventas totales en 2019 alcanzaron los US \$12.525 millones, con el mercado asiático como principal destino, seguido por los mercados norteamericanos, europeo y sudamericano. (CODELCO, 2020)

Desde sus orígenes en 1971 hasta 2019 ha generado excedentes por US\$116 mil millones para el estado de Chile. Posee activos por US\$40.345 millones y un patrimonio de US\$11.635 a diciembre de 2019. (CODELCO, 2020)



Fuente: Logotipo obtenido de la página de Codelco.

Figura 1: Logotipo corporación del cobre de Chile, CODELCO.

1.1.1 Productos de CODELCO.

Según su cartera comercial produce y comercializa los siguientes productos de cobre refinado y no refinado, subproductos:

- Refinados: cátodos de cobre con 99,9% de pureza, que se obtienen en nuestros procesos de electro refinación y electro obtención
- No refinados: concentrados de cobre, concentrados de cobre tostados, ánodos y blíster (material metálico con una pureza de alrededor de 99,5% que se usa como materia prima para la elaboración de cátodos de cobre).
- Subproductos: molibdeno, nuestro principal subproducto, un insumo clave en la fabricación de aceros especiales; ácido sulfúrico, que tiene la propiedad de disolver varios tipos de metales y sustancias; oro, plata y renio.



Fuente: Imagen obtenido de la página de Codelco.
Figura 2: Área fundición Caletones, Piro metalurgia.



Fuente: Imagen obtenido de la página de Codelco.
Figura 3: Cátodos de cobre obtenidas por los procesos de la División El Teniente, Machalí, Chile.

1.2 Antecedentes División El Teniente

Es la mina subterránea de cobre más grande del mundo y entre sus unidades productivas destacan los yacimientos diablo regimiento fase IV, esmeralda, dacita, reservas norte, pipa norte, sur andes pipa, pilar Norte y teniente 4 sur. (CODELCO, 2020)

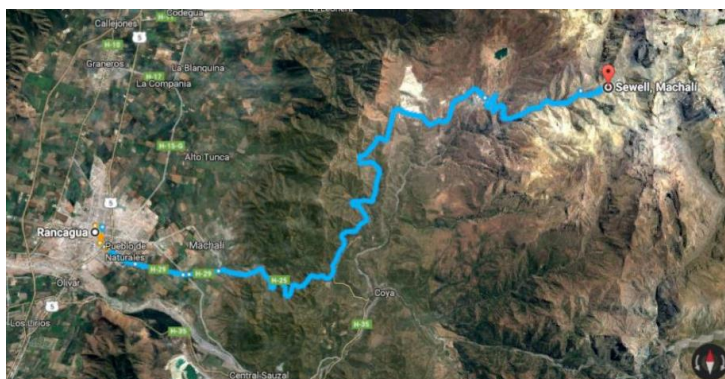
También tiene una operación en superficie, el Rajo sur, ubicado entre 2730 y 3240 metros sobre el nivel del mar, que entró en funcionamiento a fines de 2012. (CODELCO, 2020)

Las principales operaciones del complejo industrial de la división son la mina, el concentrador colón y la fundición Caletones. (CODELCO, 2020)

Durante 2019 alcanzó una producción de 459.744 toneladas métricas de cobre fino, que es comercializado a través de ánodos que se genera en la fundición de Caletones. La división también produjo 7503 toneladas métricas finas de molibdeno y 89 mil kilos de plata, entre otros subproductos. (CODELCO, 2020)

Ubicación y acceso

La división El teniente está ubicada en la comuna de Machalí, en plena cordillera de los andes, entre los 2200 y los 3200 metros sobre el nivel del mar. Está distante a 54 kilómetros de Rancagua, capital de la región del libertador Bernardo O’Higgins. (CODELCO, 2020)



Fuente: Creación propia, 2020.

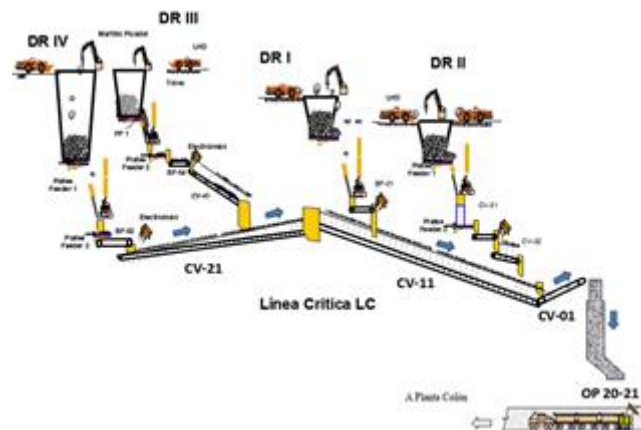
Figura 4: Ubicación Instalaciones División El Teniente.

1.2 Antecedentes Diablo regimiento

La mina Diablo Regimiento está ubicada en el extremo sur del yacimiento, y está compuesta por 5 fases que se encuentran en producción, explotadas por el método de Panel caving, por medio de la variante Hundimiento Avanzado por calles. Su ley media es de 0,823% de cobre total y 0,031% de molibdeno. Desde el año 2016, el perfil productivo disminuye de manera gradual hasta un régimen cercano a 21.000 tpd entre los años 2017 y 2018. Posteriormente el ritmo decrece hasta agotar las reservas del sector en el año 2024, con 2.981 tpd.

1.3.1 Sistema de manejo de materiales

Está basado en la operación de equipos LHD's de 13 yd³ que alimentan vía plate feeder a chancadores de mandíbula que entregan el mineral bajo 8", el cual es transportado por medio de correas transportadoras hasta los piques OP 20-21, que traspasan el mineral hasta el nivel de transporte principal FFCC Ten 8 para ser transportado finalmente hacia la planta Colon.



Fuente: Imagen obtenida de una presentación de seguridad, Diablo Regimiento, 2018.

Figura 7: Esquema ubicación fases- mina Diablo Regimiento.

1.4 Correa Transportadora Bf-01

Para realizar un plan de mejora en la disponibilidad del equipo, se debe tener en cuenta los elementos donde se harán aquellos ajustes, este al ser comprendido permite una mejora sostenible en el tiempo

La correa Bf-01 es uno de los sistemas más versátiles para el transporte y manejo de materiales sólidos, este equipo está ubicado en la Fase 1, se conforma de elementos que por separado tienen una función determinante para que en conjunto permitan o produzcan que el mineral transportado sea entregado de forma eficaz y eficiente. Aquellos conjuntos que están dispuestos en el inicio y final de la cinta son los equipos de alimentación, que en este caso es un Plate feeder (alimentador de placas) después de un chancador primario (de mandíbula), y antes del punto de descarga hacia la cinta transportadora CV-11, un electroimán que hace posible la adhesión y eliminación de aceros de fortificación o elementos de hierro.

Esta correa es un sistema de transporte continuo en base a caucho reforzado que es motorizada por dos poleas. La cinta es arrastrada por fricción por estos equipos motrices, por una parte una es accionada por un motor mientras que la otra llamada polea de cola es la que sirve de retorno de la correa transportadora Bf-01. Esta banda es soportada por rodillos en su prolongada extensión entre cada polea antes nombrada

Esta correa permite disminuir el costo de transporte de material a gran distancia que es calculado por tonelada transportada, en comparación con un camión, la cinta es considerablemente más baja en costo y tiene una mayor capacidad por hora, permitiendo transportar una gran variedad de materiales y descargar en un punto trazado sin alterar el producto transportado.

Esta correa cumple la función de trasladar el mineral que se procesa en los chancadores, pero es equivalente en varias otras empresas del área, la diferencia está en los aspectos generales que se entregan por parte del fabricante que poseen estándares propios, solo asimilan con otras empresas con las normas internacionales.



Fuente: Creacion propia. Creacion propia, Diablo Regimiento, 2018.

Figura 8: Charla de capacitación 2018 Diablo Regimiento



Fuente: Creacion propia, Diablo Regimiento, 2018.

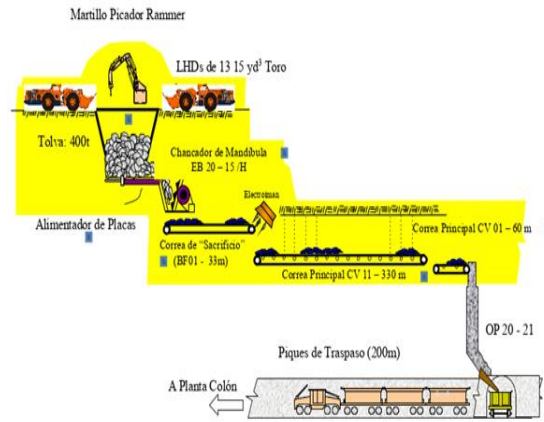
Figura 9: Sección de la correa Bf-01 con material depositado.

1.4.1 Características técnicas de la correa transportadora

Bajo este título se agrupan los datos descriptivos fundamentales del equipo en cuestión. Por lo que respecta los documentos en los cuales se definen las especificaciones, fueron recopilados de la información obtenida en presentaciones Power Point, de las actividades o trabajos que son aplicados y empleados en la faena Diablo Regimiento.

En el caso de la realización de estudios o construcción del plan de aumento de disponibilidad, estas forman parte integral del proyecto y complementan lo indicado en la continuación del respectivo trabajo. Son muy importantes para definir la calidad de los trabajos en general y de los acabados en particular, por parte de la empresa externa o

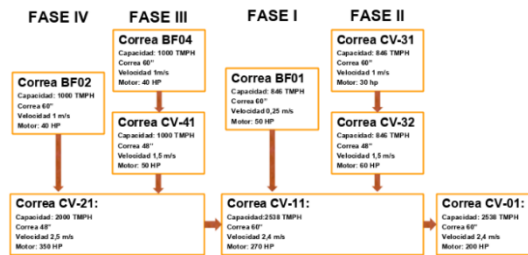
interna, que se proponga a ejecutar, permitiendo una previsión del equipo en sus diferentes ítems.



Fuente: Imagen obtenida de una presentación de seguridad, Diablo Regimiento, 2018.

Figura 10: Esquema manejo de materiales Diablo Regimiento.

Situación Actual DR



Fuente: Imagen obtenida de una presentación de seguridad, Diablo Regimiento.

Figura 11: Organigrama de las correas transportadoras presentes en la mina.

	Unidad	Sigla
Capacidad	846	Ton/hora
Velocidad de correa	0.25	m/seg
Longitud	33	m
Ancho de correa	60	in
Compuesto	Survivor (caucho sintético)	
Tipo de Núcleo	Cables de acero	
Motor	50	HP

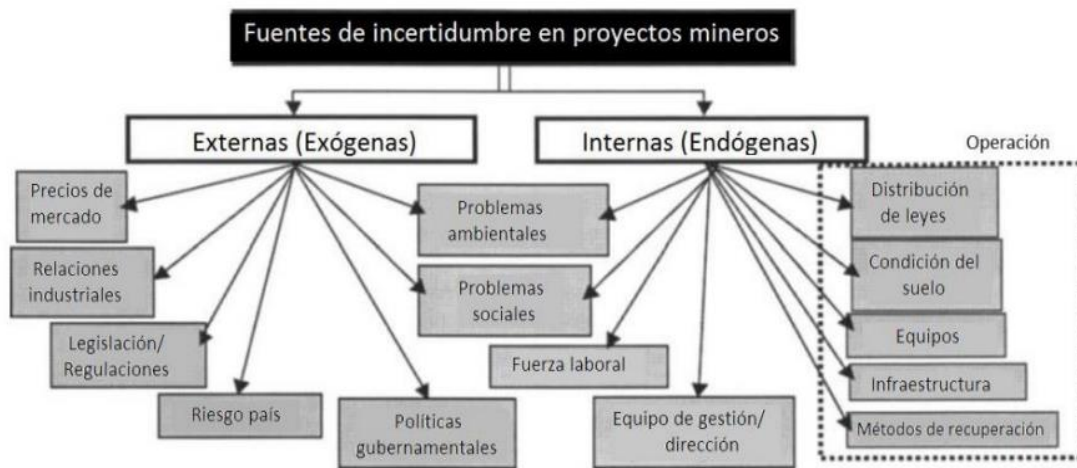
Fuente: Creación propia de datos obtenidos del fabricante.

Tabla 1: Características de la correa BF-01

1.4.2 Incertidumbre en la operación de correas

La incertidumbre involucra a variables que son cambiantes o desconocidas, pero sus interferencias pueden ser conocidas y resueltas con el paso del tiempo, eventos y acciones. Las fuentes pueden ser externas, aquellas ajenas a la empresa, en donde el principal ejemplo es la incertidumbre de mercado en la actualidad, debido a la situación de contingencia en el negocio. Por otro lado, las fuentes internas son aquellas relacionadas con la organización propia de la empresa y sus activos.

Las de mayor impacto económico son las fuentes geológicas y operacionales



Fuente: Imagen obtenida

Figura 12: Fuentes de incertidumbre en proyectos mineros

Si bien las interferencias ocurren en todas las faenas mineras, la cantidad y el tipo de interferencias pueden llegar a ser distintas entre una faena y otra, esto debido a que son dependientes de las condiciones de operaciones

CAPITULO 2: DETERMINAR LAS DISTINTAS FUENTES QUE PRODUCEN DETENCIONES

2.1 Las cintas transportadoras y su uso en la industria

Las cintas transportadoras consisten en una lámina sinfín (extremos unidos), plana y flexible, hecha de tela, goma, cuero o metal, estirada entre dos poleas que la hacen girar. El material se dispone en la parte superior de la banda para transportarlo. El lado de arriba de la banda, es quien hace el mayor trabajo, es soportado mediante rodillos o rodillos por travesaños de deslizamiento. Un dispositivo debe mantener la tensión en la banda, que se estira o afloja con el uso.

El sistema de correas transportadoras son utilizadas en la minería para transportar y traspasar rocas con mineral y/ estéril, dependiendo en qué lugar del diagrama de flujo este ubicada, ya sea antes o después de una planta de recuperación de minerales. Los principales problemas de manejo de material en la cinta transportadora son: colpas de gran tamaño que llegan a ser inmanejables y causan daño al sistema, estas provienen directamente del nivel de producción. Mínima flexibilidad de la estructura en una mina subterránea, ya que la infraestructura es construida con las dimensiones de la correa transportadora con una ubicación definida. Una imperfección en la operación de la correa de transporte genera detenciones no programadas, produciendo costos económicos a la empresa minera. Debido a esto se invierte en aumentar la mantención de estos sistemas, por parte de la mina, para evitar las fallas que se presenten o que puedan ser prevenidas

La correa transportadora realiza su movimiento debido a dos tambores en cada extremo, en donde el primero es el motriz, el cual es accionado por un motor reductor, que produce por medio de fricción el giro y sentido a la cinta. El segundo es un tambor libre, el cual no tiene accionamiento automatizado y solo gira en su propio eje.

El material que es ingresado a este dispositivo es trasladado de extremo a extremo, en el caso de la correa investigada, luego en el límite final es vertido por medio de gravedad al chute de traspaso.

La distribución producto de la banda transportadora, permite una entrega minorista o mayorista eficiente, lo que crea la disminución en costos de mano de obra y equipos móviles de transporte (LHD'S o camiones articulados). Ahorrando costos derivados a contratación de conductores a la empresa y permitiendo el transporte de grandes volúmenes en menor tiempo

2.1.1 Historia de las correas transportadoras

A principios del siglo XX, aparecieron los primeros sistemas de correas transportadoras capaces de transportar carbón, minerales y otros productos, y desde entonces, representan un eslabón fundamental en las operaciones de la industria minera. Por esa razón, sus proveedores están buscando nuevas formas para extender no solo su vida útil, sino también su confiabilidad

La cinta transportadora más larga del mundo está en el Sahara occidental, tiene 100km de longitud y va desde las minas de fosfato de Bu Craa hasta la costa sur de El Aaiun. La cinta transportadora simple más larga tiene 17 km y se usa para transportar caliza y pizarra desde meghalaya (India) hasta Sylhet (Bangladesh).

Hay una amplia variedad de cintas transportadoras, que difieren en su modo de funcionamiento, medio y dirección de transporte, incluyendo transportadores de rodillo móviles para transportar cajas o pales, a menudo para cargar o descargar buques cargueros o camiones.

Existen una serie de adelantos en esta materia. Los compuestos de caucho con refuerzos de acero se aplican actualmente en las cintas transportadoras de mayor capacidad, y ya se visualizan nuevos materiales para complementar las capacidades de resistencia a la abrasión.

Las tecnologías más recientes de sensores, monitores y control, podrán aplicarse para una mayor eficiencia en el uso de la energía y para realizar mantención predictiva, facilitando la mantención planificada y reduciendo las mantenciones no-programadas.

Con los avances tecnológicos, los proveedores de equipamiento para correas transportadoras han ido incorporando mayor “inteligencia” a sus sistemas, permitiéndoles lograr mayores niveles de eficiencia energética y operacional, para asegurar desempeño y disponibilidad productiva.

Siguiendo la idea anterior, la incorporación de nuevas tecnologías de sistemas inteligentes apunta a tener una mejor gestión de activos y la reducción de estreses eléctricos, mecánicos y estructurales, mediante la regulación, control de las variables de torque, velocidad, fuerza y potencia, con la dosificación oportuna y segura del flujo de materiales para condiciones normales y de contingencia

En correas, para lograr una mejor vida útil, resulta fundamental que estos sistemas estén bajo vigilancia de un programa de mantenimiento o, mejor aún, de gestión de activos.

2.1.2 Tipos de correas transportadoras

- Correa transportadora plana

Es una cinta que es soportada por rodillos o por travesaños planos, se ve en mayor medida en lugares de cargas unitarias (cajas, bolsas)



Fuente: Imagen extraída de página web.

Figura 13: Correa transportadora tipo plana

- Correa transportadora Cóncava

Se usan para productos a granel. La banda es soportada por rodillos de forma que los bordes se elevan con respecto al centro, formando una concavidad. El retorno de la cinta es plano, soportado por rodillos rectos.



Fuente: Imagen extraída de página web.

Figura 14: Correa transportadora tipo cóncava

- Correa transportadora Tubular
Es un diseño especial por el cual después de cargar la cinta, los bordes se pegan uno contra otro, envolviendo el producto, habitualmente para prevenir contaminación.



Fuente: Imagen extraída de página web.

Figura 15: Correa transportadora tipo tubular

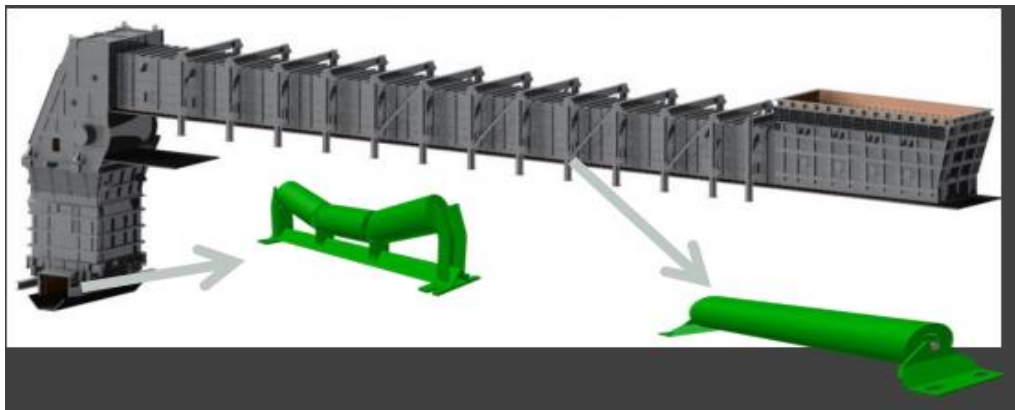
- Correa transportadora Cerrada
Se refiere a la estructura de soporte más que a la cinta. La cinta queda encerrada en cajones de metal para evitar pérdidas de producto o contaminación.



Fuente: Imagen extraída de página web.

Figura 16: Correa transportadora tipo cerrada.

En el caso de la cinta transportadora Bf-01, indicada al principio del informe, es una cinta plana y cerrada.



Fuente: Imagen extraída de página web.

Figura 17: Elaboración propia, esquema de la correa de sacrificio Bf-01

2.1.3 Funcionamiento del equipo de transporte

El sistema de transporte de banda opera en su propia cama de rodillos, los cuales requieren un mínimo de atención. En consecuencia, para la minería este sistema de transporte es muy eficiente

Los transportadores pueden seguir la naturaleza ordinaria del terreno, debido a la habilidad que poseen para atravesar pasos relativamente inclinados (pendientes y gradientes, de hasta 18° , dependiendo del material transportado). Con el desarrollo de tensiones elevadas, materiales sintéticos y/o miembros reforzados de acero, un tramo del transportador puede extenderse por millas de terreno con curvas horizontales y verticales sin ningún problema. Tienen poco desgaste al trabajo agreste y duro de la minería

Estas características son importantes en la minería o en excavaciones, en donde dos o más operaciones de cavado pueden dirigirse a un mismo punto central de carga. En el final de la descarga, el material puede ser disperso en diversas direcciones desde la línea principal. El material también puede ser descargado en cualquier punto a lo largo del transportador mediante la maquinaria complementaria para este efecto.

- Ventajas y desventajas de las correas

Hoy en Chile, no solo la gran minería está utilizando correas transportadoras, sino que también la mediana por las ventajas que estas tienen. En comparación pala-camión, son más amigables con el medio ambiente y hacen una menor emisión de material particulado.

La ventaja de la correa principalmente radica en que el costo, la construcción y mantención de las pistas (caminos) disminuye, ante el menor ancho, longitud e intensidad de circulación. Además se pueden desplazar, tienen una gran capacidad permitiendo transportar una variedad grande de materiales, con la oportunidad de ser cargada y descargada en cualquier punto del trazado. Por otro lado, en las desventajas de la banda transportadora, al comienzo de la instalación implica una mayor inversión, además este equipo en cuanto a modificar la producción, después de haber sido instalado, puede ser controlada al variar la velocidad, pero solo respetando las recomendaciones y prohibiciones del fabricante.

Lo que está en estudio es aprovechar la energía cinética, sobre todo cuando se va hacia abajo o en pendientes positivas, en los tambores, de manera que genere su propia energía. Esto es algo que en otras industrias se utiliza, pero no se ha llevado a cabo a gran escala en la minería, pero es completamente aprovechable en ocasiones cuando la pendiente da para generar algo de energía en los tambores

Dependiendo de las necesidades operacionales que tiene la industria minera, estas cintas se adaptan al terreno, logran operar horizontales, inclinadas o verticales, dependiendo del producto y del diseño de la banda, que inciden en la oferta de correas transportadoras, se proyectan correas de mayores tensiones de trabajo, anchos y velocidades. Tendiendo a fabricar correas con núcleos o carcassas más resistentes, para transportar mayores cargas, ya que distintas telas permiten manejar productos abrasivos, calientes, reactivos, entre otros.

La preocupación se enfoca en las mantenciones predictivas más que de las correctivas, pues con esto se busca evitar en lo máximo posible las paradas inesperadas en los distintos sistemas.

- Control y Monitoreo

La evolución de los procesos de mantenimiento en correas transportadoras ha incrementado la posibilidad de eliminar riesgos, verificando procesos. Esto se realiza en

la actualidad mediante tecnologías que permiten anticipar condiciones o comportamientos que puedan causar fallas y/o inconvenientes.

A lo anterior se le denomina detección prematura de fallas y la monitorización es fundamental como parte de las buenas prácticas que se puedan aplicar en la cadena productiva gracias a la implementación de tecnologías. Uno de esos controles, son los sensores que van montados de manera simple en la estructura del sistema transportador, donde se obtienen las ondas ultrasónicas de trabajo, las cuales son analizadas en tiempo real mediante algoritmos que permiten alertar sobre condiciones anómalas.

Asimismo, para las cintas transportadoras existen equipos que permiten determinar su desgaste por utilización y obtener información de las condiciones de sus componentes, como cables, ya sea por scanner o radiografías, y de sus empalmes, con sistemas de detección de elongación

Estos controles pueden evitar incendios en los sistemas transportadores y la información recopilada permite realizar estimaciones de comportamiento, lo que a su vez busca eliminar la falla o controlarla, dentro del tiempo en que modelos probabilísticos cíclicos pueden entregar proyección de la información sobre los componentes del sistema transportador

Estas formas de monitorización son realizadas tradicionalmente con diferentes equipos, para lograr entregar información en tiempo real en formas de imágenes, controlando sus cables, elongaciones de empalmes, desgastes de cubierta, daños en la superficie de la cinta o bordes y desalineamientos, generando alertas en diferentes niveles, desde un aviso hasta la detención de la cinta

Por último, con la información obtenida, se hace necesaria para direccionar los esfuerzos en los mantenimientos, gracias a la capacidad de monitorizar cada centímetro cúbico de la cinta, condiciones bajo las cuales se puede predecir la vida residual de la misma con un 90% de precisión.



Fuente: Creación propia.

Figura 18: Controles de accionamiento correa, con exceso de desechos del electroimán



Fuente: Creación propia.

Figura 19: Unidad hidráulica spider de la correa Bf-01

- Normas y reglamentos del transporte en cintas

Las normas son acuerdos documentados que contienen especificaciones técnicas u otros criterios precisos que deben utilizarse sistemáticamente como reglas, directrices o definiciones de características, para asegurar que los materiales, productos, procesos y servicios son adecuados para su propósito. Por lo tanto, las normas internacionales contribuyen a la fiabilidad y la eficiencia de los bienes y servicios utilizados en la industria de bandas transportadoras

Organización internacional para la estandarización (ISO), es la organización de estándares más ampliamente reconocido. ISO es una organización no gubernamental

cuya misión es promover el desarrollo de la normalización y actividades conexas en el mundo con el fin de facilitar el intercambio internacional de bienes y servicios, y para desarrollar la cooperación en las esferas de actividad intelectual, científica, tecnológica y económica actividad. Para en consecuencia, obtener una lista de las normas internacionales mencionadas en la industria de la cinta transportadora según lo publicado por la ISO

Conveyor Equipment manufacturers Association (CEMA): Su objetivo es promover entre sus miembros la estandarización de la industria del diseño, fabricación y aplicación. De aquella asociación, se logró obtener una planilla Excel donde se puede modificar y extraer información acerca del diseño de las cintas transportadoras.

Asociación de fabricantes de Caucho (RMA): es la asociación nacional de la industria de productos de caucho.

HOJA DE CALCULO POTENCIA DE CORREAS TRANSPORTADORAS(método grafico CEMA)			
Proyecto: Planta Procesadora de Lupino		Fecha: 10-may-06	
Transportador: Goodyear			
Instrucciones:			
Entre los datos. La elección de unidades no requiere ser consistente.			
Si la velocidad es omitida se calculará un valor basado en un 100% de carga según CEMA.			
Click "Goodyear" para una comparación con los resultados calculados con ese método.			
DATOS DE ENTRADA			
Densidad del Material	Imperial	Métrico	Goodyear
Largo Horizontal Entre Centros	600 lb/pie*	105 kg/m*	
Capacidad	pie	28 m	
Ancho de Correa	TCPH	100 TMPH	
Velocidad de Correa (opcional)	pulg	800 mm	
Temperatura Mínima	pie/min	1,000 m/s	
Angulo de Sobrecarga	°F	0 °C	
Angulo de Polines	20 *		
Eficiencia Sistema Motriz	95 %		
RESULTADOS			
Velocidad de Correa	Imperial	Métrico	
Porcentaje de Carga	197 pie/min	1,00 m/s	
Altura de Cama	72 %	72 %	
	3.6 pulg.	91 mm	
Requerimientos de Potencia			
Para Accionar en Vacío	1 HP	1 KW	
Para Elevar el Material	11 HP	8 KW	
Para Transporte Horiz. de Material	2 HP	1 KW	
Potencia Total Requerida	14 HP	11 KW	

Fuente: Imagen compartida por ingeniero (Abraham Duran) de la división el teniente, 2018.

Figura 20: Planilla Excel para chequeo de cintas, método grafico de CEMA

Ancho de cinta (pulg.)	Ang. Entre rodillos	Máxima capacidad de cintas					Tamaño max. del material (pulg.)	
		Angulo de sobrecarga					Tamaño uniforme	Mezcla 50% finos
		5	10	20	25	30		
18	20			50	56	63	4	4
	35							
	45			NO RECOMENDADA				
24	20			96	108	120	5	7
	35		102	122	132	142	2 1/2	3 1/2
	45	106	115	132	140	170	2 1/2	3 1/2
30	20			157	175	195	6	10
	35		167	200	215	232	3	5
	45	175	187	215	230	244	3	5
36	20			230	260	290	7	12
	35		248	295	318	360	3 1/2	6
	45	258	278	318	340	400	3 1/2	6
42	20			320	360	434	8	14
	35		344	408	442	475	4	7
	45	358	386	440	470	500	4	7
48	20			430	480	530	10	16
	35		457	540	645	630	5	8
	45	475	510	584	623	660	5	8
54	20			547	612	678	11	18
	35		585	693	750	806	5 1/2	9
	45	608	655	748	797	845	5 1/2	9
60	20			680	762	844	12	20
	35		730	863	933	1000	6	10
	45	758	815	930	992	1050	6	10

Fuente: Imagen compartida por ingeniero (Abraham Duran) de la división el teniente, 2018.

Tabla 2: Tabla de correlación entre los distintos parámetros de una correa necesarios para ocupar la planilla presentada

2.1.4 Principales aspectos críticos en el dispositivo

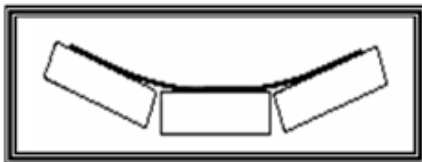
Todas las bandas transportadoras tienen una duración finita, incluso las de metal. Las bandas transportadoras se pueden comparar con las llantas de un automóvil. Una llanta dará X número de revoluciones sobre la superficie del camino, antes de que se gaste; de mismo modo, una banda recorrerá el circuito X número de veces antes de que se desgaste. Aunque es difícil predecir cuánto durará la banda exactamente, los tipos principales de fallas se conocen como fallas de producción, de desgaste y de fatiga. Toda banda transportadora experimentará alguna de estas fallas o una combinación de estas. No hay modo de evitar que una faja transportadora falle una vez que su ciclo de vida empieza a agotarse. No obstante, es un hecho que la mayoría de estos dispositivos no se desgastan totalmente ni agotan toda su durabilidad. La mayoría de las correas, si fallan durante su uso en un contexto de producción, fallan debido a factores que no tienen que ver con su resistencia, con la vida de la cinta o con la solidez de la malla. Estas fallas dan como resultado tiempo muerto crítico. Lo cual es igual a perder oportunidades, al tener pérdidas en la producción y pérdidas en las ganancias.

- Tensión de la banda

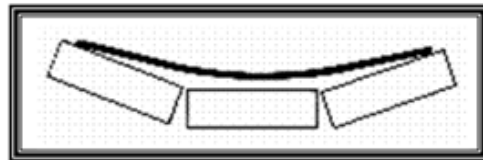
La tensión de la banda tiene relación con el comportamiento del centrado. La excesiva tensión trae como resultado el comportamiento de una cinta muy inquieta y un desgaste excesivo de los componentes de la maquinaria, tales como rodamientos y ejes. La tensión excesiva puede incluso producir la ruptura de los ejes. La poca tensión produce deslizamiento de las correas en el tambor motriz y/o de retorno, lo que impide que se adapte al abombado, por ello se debe tomar la inspección de las bandas como un mantenimiento rutinario para que la tensión siempre sea la correcta

Cuando el diseño de la cinta indica restricciones de carga, estos deben ser respetados y chequeados, mediante sistemas que eviten la sobrecarga, como sería una carcasa protectora. Para cada material a transportar, existen valores referenciales establecidos de carga, así como métodos para el cálculo de estos.

Cinta flexible, trabajo apropiado



Cinta tiesa, trabajo inapropiado.



Fuente: Creación propia.

Figura 21: Comparación de tensión de la cinta operando en condiciones diferentes.

- Limpieza de las correas

La importancia de este aspecto para alargar la vida de las bandas tiene como resultado unos cambios en los métodos de limpieza y los materiales usados. Esto provoca una alta exigencia en la mantención la higiene y resistencia química de las bandas transportadoras. Si existen restos de Cl, un detergente ácido es recomendable de 1 a 4 veces al mes. Nunca se debe utilizar agentes de limpieza ácidos en combinación con agentes que contengan cloro, ya que pueden crearse reacciones donde se emanen gases nocivos o tóxicos.

Tener en cuenta además, que el cloro puede afectar a los equipos, tanto como al acero como a los elementos de goma. Al igual que, los agentes ácidos pueden afectar a los equipos.

a. Procedimiento general de limpieza

- i. Quitar a mano los trozos o restos de producto transportado
- ii. Pre lavar la correa con agua a presión y temperatura determinadas, 20 bar y 55°C respectivamente
- iii. Limpiar con un agente alcalino frío, unos 15 minutos
- iv. Enjuagar con agua (20 bar, 55°C)Desinfectar con amonio cuaternario frío como mínimo 10 minutos
- v. Enjuagar con agua (20 bar, 55°C)
- vi. Evitar la contaminación por aerosol, por esto se recomienda limpiar con un máximo de 20 bar de presión



Fuente: Creación propia

Figura 22: Acumulación de material fino bajo correa transportadora

- Lubricación y engrase de partes móviles

Además de otorgar un entorno limpio, para esta tarea se debe hacer un estricto plan de engrasado acorde al motor, reductor, rodamientos, entre otros, con el propósito de realizar periódicamente esta acción, porque estas partes mecánicas siempre se van a encontrar en movimiento y dependen de una buena lubricación.



Fuente: Imagen obtenida de página web.

Figura 23: Pillow block, carcasa de los rodamientos que retiene la lubricación.



Fuente: Creación propia.

Figura 24: Personal realizando labores de engrasado.

2.2 Disponibilidad del equipo en cuestión

- Tiempo Disponible programado

La disponibilidad es simplemente una manera de cuantificar cuanto tiempo esta su equipo funcionando como debe. A mayor disponibilidad, usted puede producir más, y mayor es su rendimiento sobre activos

Por lo tanto, la meta es minimizar el tiempo muerto, especialmente el tiempo muerto no programado, mediante el mejoramiento de la fiabilidad del proceso y del equipo. Esta guía proporciona una visión general de la disponibilidad como factor de las operaciones mineras.

Incluso las mejores operaciones tienen algo de tiempo muerto. Lo que las hace mejores es que mantienen la disponibilidad lo más alta posible

Entonces para activos o flotas de equipo de capital más complejos, la disponibilidad esta típicamente entre los 85%-95%. Siendo el 5%-10% que falta de disponibilidad los tiempos muertos programados (mantenimiento programado) y tiempo muerto no programado (paros o fallas)

- Tiempo muerto no programado

El desgaste del equipo puede degradar el rendimiento y, por lo tanto, la producción. Llevar a cabo mantenimiento normal y reparaciones durante los paros programados permite la planeación adecuada y una mínima pérdida de tiempo mientras se restablece el rendimiento del equipo.

Este tiene altos costos fijos y variables. El costo no solo es la perdida de margen de ganancia debido a la perdida de ingreso, sino también el valor del ingreso total perdido menos los costos directos de producción evitados tales como materiales o energía.

También se deben considerar los costos de regresar a las operaciones normales. Estos podrían incluir tiempo extra por reparaciones de emergencia y pérdida de la voluntad del cliente.

Por estas razones, la reducción o eliminación de los paros no programados ofrece la oportunidad de grandes mejoras en la rentabilidad.

2.2.1 Cálculo de la disponibilidad del equipo en cuestión

La disponibilidad del equipo no solo es la duración del turno en el que se opera. Se basa en el tiempo de operación real, como un porcentaje del tiempo de producción posible.

$$\%disponibilidad = \frac{\textit{tiempo de produccion real}}{\textit{tiempo de produccion posible}}$$

Fuente: Imagen obtenida por el profesor guía Ricardo Cuidad.

Figura 25: Formula del cálculo de disponibilidad.

**CAPITULO 3: PLAN DE SUSTANTIBILIDAD
PREVENTIVA, CARACTERISTICAS Y
BENEFICIOS.**

3.1 Plan de aumento de disponibilidad

3.1.1 Mantenimiento

El mantenimiento industrial es el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento. Se hace primordial en el ámbito de la ejecución de correas transportadoras en la minería puesto que, de un buen mantenimiento depende, no solo un funcionamiento eficiente de las instalaciones, sino además, el control del ciclo de vida de las operaciones sin aumentar los presupuestos destinados a mantenerlas

3.1.1.1 Historia del mantenimiento industrial

La historia del mantenimiento inicia en el desarrollo industrial con las primeras máquinas, las cuales se crearon a comienzos del siglo XIX durante la revolución industrial, generando los trabajos de reparación y los conceptos de competitividad, disponibilidad y falla. Este último término, hacia los años 20, fue abordado estadísticamente para ser controlado, creando las tasas de fallas, las cuales fueron utilizadas en primera instancia por motores y equipos de aviación. La mayoría de las imperfecciones que se producían era debida a los excesivos esfuerzos que eran sometidos los equipos. En esos tiempos, se realizaba un mantenimiento solo cuando ya era imposible continuar operando el sistema.

Surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento correctivo. Esta situación se mantuvo hasta la década de los 50's.

Ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto en que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes de equipo acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento de máquinas y sus dispositivos. Esta nueva forma o tendencia de mantenimiento se llamó mantenimiento preventivo

Luego pasa a fortalecer las asociaciones nacionales creadas a final del año 1966, y sofisticar los instrumentos de protección y medición, se pasó a desarrollar criterios de predicción de fallas. Visualizando así la optimización de la actuación de los equipos de ejecución del mantenimiento

Estos criterios fueron conocidos como mantenimiento predictivo los cuales fueron asociados a métodos de planeamiento y control de mantenimiento. Se asignaron más

responsabilidades a la gente relacionada con el sistema y se hacían consideraciones acerca de la confiabilidad y el diseño del equipo de la planta

3.1.2 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo consiste en evitar la ocurrencia de fallas en las maquinas o los equipos del proceso. Este mantenimiento se basa un “Plan”, el cual contiene un programa de actividades establecido, con el fin de anticiparse a las anomalías. En la práctica se considera que el éxito de un mantenimiento preventivo radica en el constante análisis del programa, su reingeniería y el estricto cumplimiento de actividades.



Fuente: Imagen obtenida de página web.

Figura 26: Personal realizando labores de mantención y reparación a bombas hidráulicas

3.1.2.1 Ventajas y desventajas del método

Este método permite, por inspecciones rutinarias, la oportunidad de que no ocurran detenciones no programadas. Reveladas por las revisiones que se hacen in-situ

En sus ventajas fundamentales cabe destacar los bajos costos en relación a este método, la reducción de riesgos de falla, un mayor control y planeación sobre el propio mantenimiento a ser aplicado en otros equipos, en la misma faena o labor y por último, y no menos importante, llega a compensar el envejecimiento tecnológico de un equipo o sistema, por lo que es necesario actualizarlo con partes o piezas más actuales y versátiles, para mejorar su funcionamiento.

En sus desventajas podemos encontrar que requiere información específica del fabricante para especializar al personal que generalmente esta fuera de la empresa, por lo cual tiene que ser contratada gente. Además de que dada cierta periodicidad, no

permite que se pueda determinar o calcular exactamente el desgaste que tienen los equipos o las piezas.

3.1.3 Fallas y reparaciones

Existen diferentes tipos de problemas que provocan daños en las cintas transportadoras, de las cuales se han incluido en orden inverso iniciando con el número 1 como la falla menos común, y en el número 12 la falla más común:

Análisis y evaluación de los datos recopilados:

1. Instalar “al revés” la faja transportadora - los ojales individuales o dobles de la cinta deberán estar curvados hacia atrás, en contra de la dirección del avance de la banda, Si la malla transportadora se instala al revés, los ojales pueden atorarse (por ejemplo en la ropa) y ocasionar accidentes
2. Utilizar la cinta transportadora incorrecta para la aplicación actual- Los productos y procesos cambian con el tiempo. la transportadora y la correa que hace varios años fueron diseñadas para un producto y proceso específicos, quizás ya no resulten adecuadas, ni sean tan resistentes para las exigencias de la aplicación actual. continuamente se debe revalorar el impacto de la carga de los productos y la velocidad de la transportadora que afectan la vida de la malla
3. Contacto con las bandas- si las uniones de la faja en la parte inferior pasan sobre cualquier porción de las bandas, esto ocasionara fallas de desgaste y fatiga
4. La banda se estira excesivamente- esto puede ser causado por que la tensión es demasiado alta o es una banda insuficiente para la transportadora, siendo su solución remplazar con una banda más fuerte o ancha, o reducir la tensión a un punto donde funcione sin “patinar” (esto se revisa en el tambor motriz. también puede ser causado por la acumulación de suciedad en los rodillos
5. Tracción insuficiente entre la correa y el tambor produciendo que la banda se deslice y rechine- debido a que la cinta está demasiado floja, se puede recubrir el tambor motriz; incrementar levemente la tensión; remplazar por una más ancha o fuerte

6. Grapas del tamaño incorrecto- produce que las grapas sean jaladas excesivamente debido a la tensión en la banda, estas deben ser remplazadas por unas del tamaño apropiado
7. Separación de las capas en los extremos- este daño es a menudo causado por abrasivos, acido, calor, químicos. moho o aceite, por lo cual se debe seleccionar una banda que tenga la resistencia apropiada para la labor
8. Desgaste excesivo del tambor lateral- por el deslizamiento de la banda en el tambor de mando o la acumulación de material en la parte inferior, siendo solucionado al revestir el tambor, instalar rodillos de ajusta para un mejor arco de contacto alrededor del tambor. remover la acumulación e instalar rascadores
9. Desgaste excesivo en la parte superior por el impacto excesivo de material en la banda o rodillos de retorno sucio, congelados o desalineados. específicamente se debe reducir el impacto utilizando rodillos amortiguadores en los puntos de contacto
10. Accidentes en la maquinaria de la transportadora y la banda- los accidentes se deben y se pueden minimizar al establecer listas de control adecuadas para el mantenimiento y con la adecuada capacitación del personal de mantenimiento
11. Debilitamiento y agrietado de recubrimiento por el mínimo tamaño del tambor- puede que el diámetro del tambor sea muy pequeño para el espesor de la banda, siendo el aumento de este diámetro la solución o utilizar una correa más flexible
12. Uniones inadecuadas o que no empalman adecuadamente- lograr que los empalmes se unan adecuadamente no solo es difícil sino que consume mucho tiempo. muchas uniones se empalman con prisa y con frecuencia se unen demasiado rápido inmediatamente después de una avería. el desafortunado resultado de que se separe, es que en cerca del 90% de las fallas durante la producción, esto sucede precisamente en las uniones.

3.2 Plan de mejora del sistema de transporte por correas

A continuación se describe en orden todos los pasos necesarios para las operaciones de mantención de cintas transportadoras, cualquiera sea su modelo, además con recomendaciones técnicas para la prevención de accidentes. Ya que el exceso de confianza, la imprudencia, el desconocimiento, la falta de planificación de los trabajos y la fatiga son, entre otros, factores que conducen al trabajador a sufrir accidentes. En general el personal que opere o trabaje deberá cumplir con un entrenamiento previo, donde se le enseñe la operación, los cuidados necesarios en torno al equipo. En el principio del trabajo se brindó el conocimiento previo del componente principal del equipo y sus funciones.

- Análisis de riesgo en la tarea

Los accidentes relacionados con trabajos de mantenimiento de cintas transportadoras no son muy frecuentes, pero cuando se producen suelen tener una gravedad considerable o la pérdida de alguna vida. La duración de las bajas producida, es decir, las detenciones producto de un trabajo inseguro, es muy variable ya que dependen de la dolencia sufrida por el trabajador.

Cuando una persona tiene que realizar las labores de mantenimiento en una cinta transportadora debe conocer los riesgos a los que se relacionan con esta actividad, estos son:

- a. caída de personas a diferente nivel
- b. caída de personal al mismo nivel
- c. caída de objetos por desplome
- d. caída de objetos en manipulación
- e. golpes y/o cortes por objetos o herramientas
- f. proyección de fragmentos o partículas
- g. sobreesfuerzos
- h. contactos eléctricos
- i. atropellos
- j. agentes físicos (polvo, ruido)



Fuente: Imagen obtenida de presentacion de seguridad, Diablo Regimiento, 2018.

Figura 27: Grado de severidad de dolencia sufrida por el trabajador

PATOLOGÍAS	PARTES DEL CUERPO AFECTADAS
Fracturas	Brazos
Golpes	Manos
Esguinces	Piernas
Torceduras	Dedos
Distensiones	Cabeza
Amputaciones	Región lumbar
Fallecimiento	Órganos internos
	Huesos

Fuente: Imagen obtenida de una presentacion de seguridad, Diablo Regimiento, 2018.

Tabla 3: Patologías que padecen trabajadoras, así como las partes del cuerpo afectadas

3.2.1 Pasos a seguir del plan de mantenimiento

Es absolutamente necesario que el personal que operara estos pasos se encuentre en perfectas condiciones físicas y mentales para desarrollar su labor, ya que la operación de estos no admite vacilaciones. Sumado a que, se deben poner en práctica todas las normas de seguridad establecidas.

- a. La primera medida que debe tomar el personal de mantención para realizar un trabajo en el dispositivo de transporte, es solicitar la desconexión del equipo desde el interruptor principal. Debe bloquearse con la tarjeta de “no operar”
- b. para efectuar los trabajos en la correa transportadora, las herramientas y equipos de protección personal serán:
 - i. pala o rastrillo
 - ii. casco, lentes y zapatos de seguridad
 - iii. equipos de protección auditiva y respiratoria
 - iv. Guantes

- c. la zona de trabajo deberá estar y mantenerse completamente limpia, despejada y ordenada. esta zona inocua es aquella que se encuentra libre de polvo, aceite, grasa, agua, piezas cilíndricas sueltas (polines) y otros elementos que puedan provocar caídas o resbalamientos del personal. es obligación de los jefes de operaciones, velar y exigir a su personal mantener este orden y aseo en las instalaciones alrededor de la faja de transporte de mineral.
- d. en el sector el personal deberá mantener y colaborar en la conservación de letreros y señalizaciones de advertencia de riesgos, de equipos eléctricos, de equipos contra incendios, entre otros. en caso de cualquier falla o deterioro de estos alertantes.
- e. en la correa deberán mantener sus dispositivos de seguridad, cordón e interruptor de parada de emergencia, siempre operativos. así como también todas las transmisiones mecánicas, tales como motor-reducción-poleas, poleas de contrapeso o tensoras, deberán verificar si tienen sus respectivas rejillas protectoras y los dispositivos que permiten efectuar el control del polvo en la operación.
- f. en las labores de lubricación se debe tener especial atención para evitar los derrames, así como también evitar obstruir los accesos, pasillos y vías de tránsito.
- g. terminando el trabajo de mantención antes de poner en marcha el equipo, un encargado de grupo verificara personalmente que no se encuentren trabajadores expuestos. no obstante lo anterior, se hará sonar una alarma como señal de aviso que la correa se pondrá en marcha, además de usar la alarma de luz.

3.2.2 Verificaciones de mantenimiento preventivo de las correas transportadoras.

Componente	Sugerencia	Intensidad		
		Semanal	Mensual	Trimestral
Motoreductor	Revisar ruidos			
	Revisar temperatura			
	Revisar nivel de aceite			
	Revisar los tornillos de montaje			
Sistema integrado de correa y poleas	Revisar tension			
	Revisar desgaste			
	Revisar alineacion del eje de polea			
Banda	Revisar la alineacion			
	Revisar la tension			
	Revisar la union			
Tambores y rodillos	Revisar el ruido			
	Revisar los tornillos			
Estructura	Revisión general, tornillos sueltos, entre otros.			

Fuente: Creación propia

Tabla 4: Lista de sugerencia de prioridad de revisiones rutinarias

En la tabla, tenemos la lista de los componentes más sugeridos y los que tienen mayor problema con las horas no programadas, entonces nosotros nos enfocamos netamente en las prioridades rutinarias para lograr una buena mantención y revisión de los elementos.

Modificando la intensidad de revisiones para disminuir las horas no programadas dentro de estos componentes. Para esto disminuimos una hora mensual a cada componente de mayor riesgo en el sistema de correa Bf-01, por lo tanto las sumas de cada componente nos dan un total de 5 horas mensuales, que deberían aumentar la disponibilidad gracias a nuestro plan de mantención preventivo.

3.3 Proyección de disponibilidad

- Resumen de disponibilidad de la empresa.

Disponibilidad de planta (hrs)

	Proceso	Cambio lote	Falla mecánica	Mantenion	Falla Eléctrica	Corte Energía	Falta Agua	Lluvia	Feridos	Falta Mineral	Espera a Cliente	Otros	Hrs Mes
Enero	394,5	34	61,5	77	10,5	18	13,5	0	24	38,5	13,5	59	744
Febrero	476,5	33	53,5	39,5	0	0	28,5	0	0	35	10	20	696
Marzo	369	25	24	21	8	6	28	0	0	179	24	60	744
Abril	510	33	55,5	35	1	8	0	0	7	17	16	38	720,5
Mayo	536	48	21	40	0	15	10	0	31	20	9	14	744
Junio	408	39	74	18	0	13	0	132	0	13	14	9	720
Julio	431	54	27	43	12	26	0	29	0	19	55	48	744
Agosto	338	51	109	58	28	17	0	0	0	0	18	125	744
Septiembre	464	37	55	59	32	0	0	9	58	0	0	6	720
Octubre	480	37	45	55	30	0	10	0	7	0	0	5	720

Fuente: Creación propia.

Tabla 5: Resumen de datos mensuales.

- Se puede observar de la tabla anterior las horas programadas y no programadas, esto se refiere a las mantenciones y fallas dentro de las correas, estos datos nos sirven para poder calcular el porcentaje de disponibilidad dentro de 10 meses.

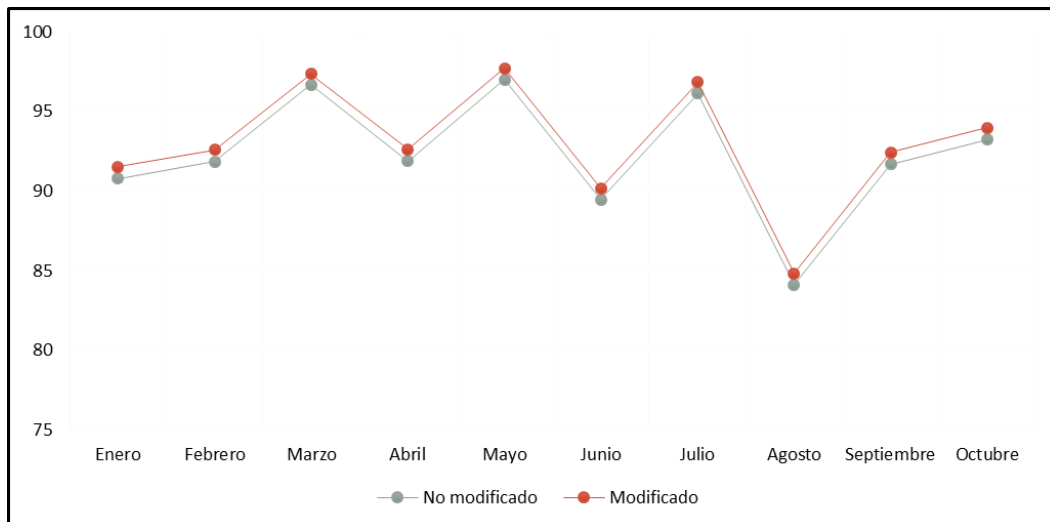
En donde...

- Horas Enero – Octubre: 7296,5hrs
- Horas planificadas (mantención): 445,5hrs
- Horas no planificadas (fallas): 525,5hrs

$$\begin{aligned}
 \text{DISPONIBILIDAD\%} &= \frac{7296,5 - 445,5 - 525,5}{7296,5 - 445,5} \\
 &= \frac{6325,5}{6851} \\
 &= 0,92 * 100 \\
 &= \mathbf{92\%}
 \end{aligned}$$

El equipo trabajó de corridas 7296,5 hrs planificadas, en donde también es intervenido por mantenciones y fallas mecánicas, esto quiere decir que las 445,5 horas son las horas planificadas y las 525,5 hrs son las horas no planificadas que son fallas mecánicas, dando como resultado un 92% de disponibilidad en la correa, valor que igual es alto pero nosotros presentaremos una mejora en donde este valor aumentara aunque sea 1% , dándole una mayor eficiencia a la correa y una buena efectividad en su producción.

Disponibilidad de la planta 2020



Fuente: Creación propia.

Tabla 6: Calculo de disponibilidad mes de Enero-Octubre 2020

- En este grafico se puede observar la diferencia de los cálculos obtenidos, es decir que el que tiene el color plomo es el cálculo principal sin modificaciones y el de color rojo es el modificado. Se puede apreciar claramente la diferencia que provoca nuestra planificación y proyecto de una buena mantención preventiva donde el cálculo modificado aumenta su disponibilidad ayudando a la correa a mantener una buena producción y así logrando un plan de maximización de tiempo útil en donde su disponibilidad aumenta claramente en sus aspectos más críticos y/o importantes

En donde...

- Horas Enero – Octubre: 7296,5hrs
- Horas planificadas (mantención): 445,5hrs
- Horas no planificadas (fallas): $525,5 - 50 = 475,5$ hrs
- Ya sabemos que 7296,5 hrs son anuales, menos 445,5 hrs planificadas, y es aquí, donde con las horas no programadas de la formula son modificadas con nuestra planificación y proyecto de mantenimiento preventivo, ya que anteriormente eran de 525,5 hrs ahora estas se ven disminuidas por 50 horas, que corresponden a las 5 horas mensuales dentro de los 10 meses, dando como resultado 478,5 hrs no programadas.

$$\begin{aligned}
 \text{DISPONIBILIDAD}\% &= \frac{7296,5 - 445,5 - 475,5}{7296,5 - 445,5} \\
 &= \frac{6375,5}{6851} \\
 &= 0,93 * 100 \\
 &= \mathbf{93\%}
 \end{aligned}$$

- Al ver el resultado de disponibilidad es de un 93%, podemos concluir que al incluir nuestra propuesta, que es la disminución de 5 horas no programadas mensuales, en cada uno de los componentes nombrados aunque sea solo 1% de

aumento, le ayudara a la empresa a aumentar su producción y confiabilidad en la correa. Este es el mejor método donde podemos disminuir el tiempo de fallas para darle una buena utilidad a la correa, el cual su misión fue mantener un grado de asistencia determinada en los equipos y así siendo oportunos al programar intervenciones en sus puntos más vulnerables

Conclusiones del trabajo de título

Para mejorar la disponibilidad de este gran equipo de transporte industrial minero, se debe tener un vasto conocimiento del sistema de correas , acoplado a él, los procesos productivos, funciones administrativas y características técnica del equipo por lo que es de mucho valor hacer uso de todas las fuentes de información que sean vitales para el trabajo, logrando así instaurar un plan de maximización de tiempo útil de la correa, todo por el único y directo beneficio de mejorar la disponibilidad del equipo

Mediante estos datos determinamos las distintas fallas críticas, siendo uno de los determinantes importantes que presentan las paradas programadas y no programadas en cada componente o parte que componen la correa transportadora de mineral. Para ello se hace el estudio de los aspectos más críticos y/o importantes, con el fin de mejorar los planes de mantenimiento presentes y buscando aumentar el tiempo disponible existente

El mejor método para aumentar dicho tiempo de utilidad de la cinta transportadora fue el plan de mantenimiento preventivo, el cual su misión es mantener un grado de asistencia determinado en los equipos, y siendo oportunos al programar intervenciones en sus puntos vulnerables ya documentados en dichas tablas.

Por último, la situación del equipo de transporte antes del análisis en comparación con las recomendaciones adecuadas, se brindaría una considerable mejora en la disponibilidad de la cinta sin mayores cambios, solo unos cuantos pasos de verificación producen una gran diferencia positiva.

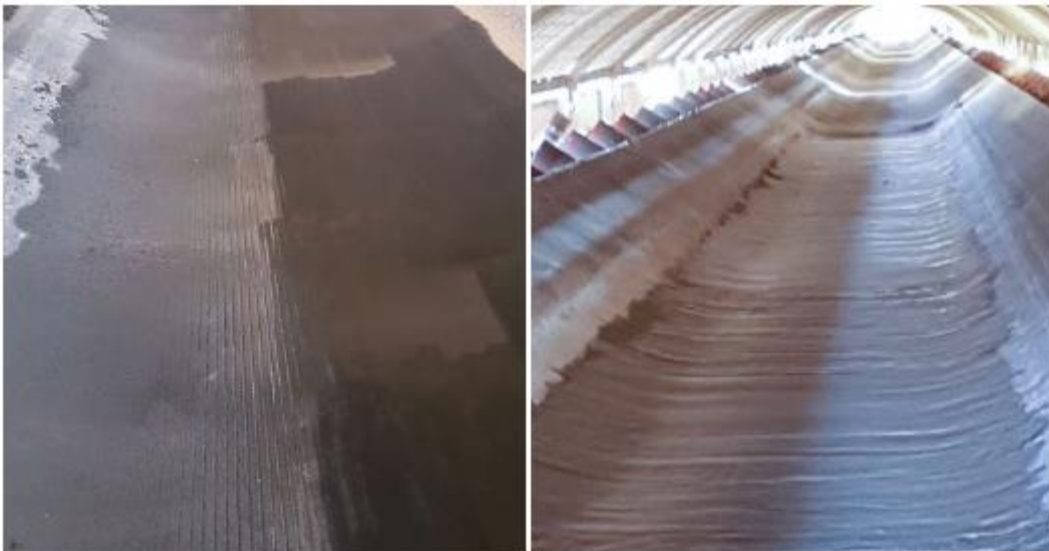
Bibliografía:

- <http://www.conveyorschile.cl/>
- <https://www.nuevamineria.com/revista/correas-transportadoras-cuando-la-innovacion-es-mas-que-necesaria/>
- https://www.goodyearrubberproducts.com/spanishpdfs/Correas_de_Tela.pdf
- <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:55000:ed-1:v2:es>
- <http://www.savatech.eu/catalogues/BANDAS-TRANSPORTADORAS/files/assets/downloads/publication.pdf>
- <https://higieneyseguridadlaboralcvs.files.wordpress.com/2011/12/guia-prl-capitulos-22-25.pdf>
- <https://conveyorbeltguide.com/index.html>

Anexos:

Casos de éxito

1. Recuperación de correa transportadora por parte la empresa global Flex



Fuente: Imagen obtenida de la página web de la empresa Global Flex

Figura 28: Recuperación de la correa transportadora.

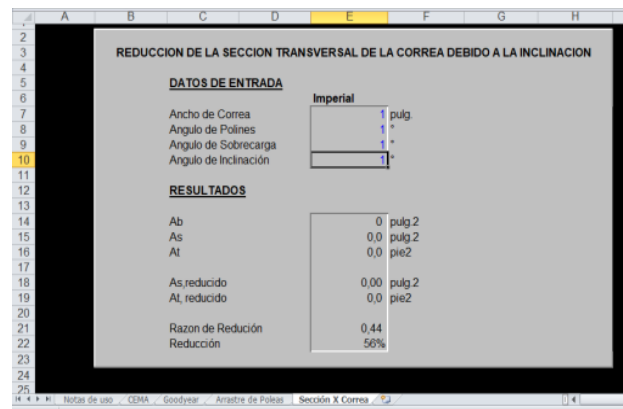
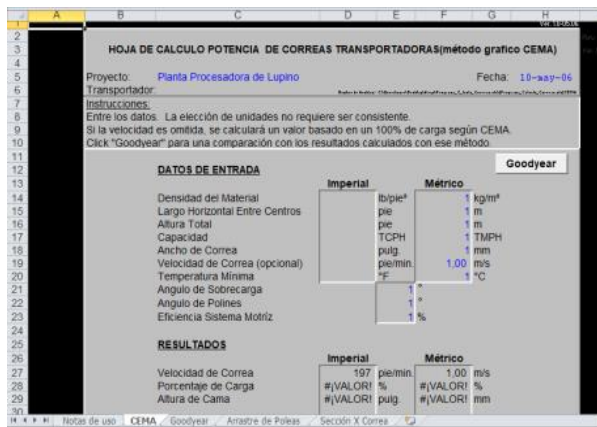
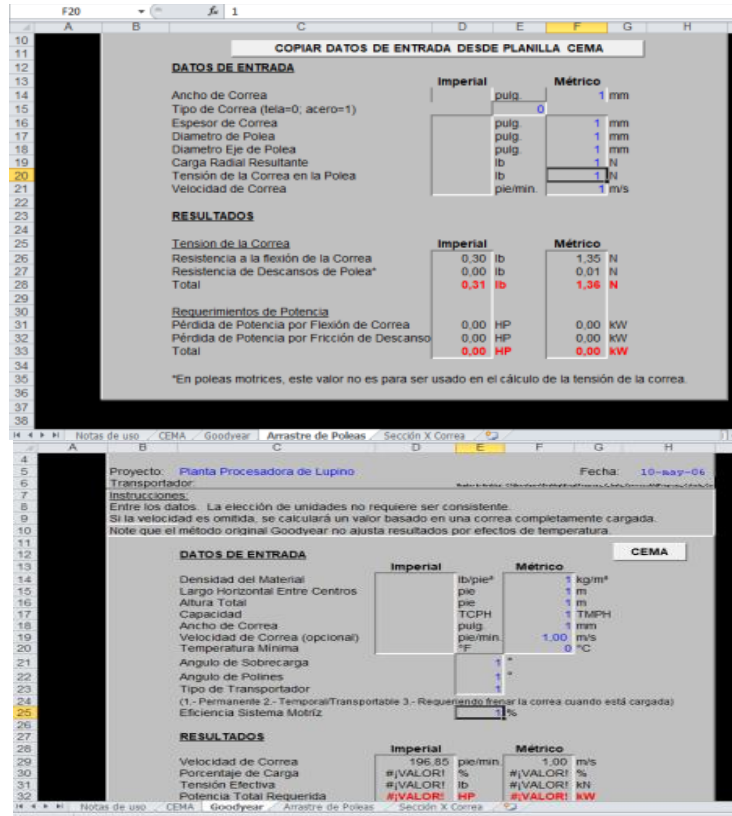
2. Reparación en orden cronológico, de banda con daño pesado dejando grapas bajo relieve en correa de cable de acero en minera El Teniente-Codelco, Chile.



Fuente: Creación propia.

Figura 29: Reparación de banda en orden cronológico.

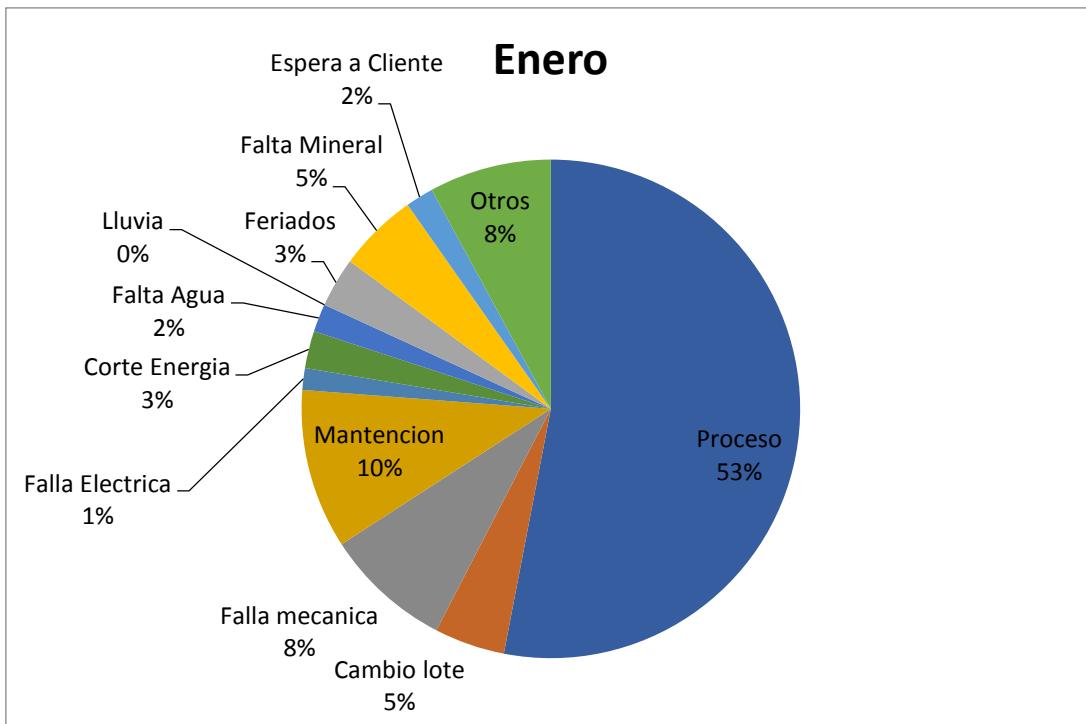
3. Herramienta planilla Excel CEMA para proyección de correas transportadoras adquirido.



Fuente: Imagen compartida por ingeniero (Abraham Duran) de la división el teniente, 2018.

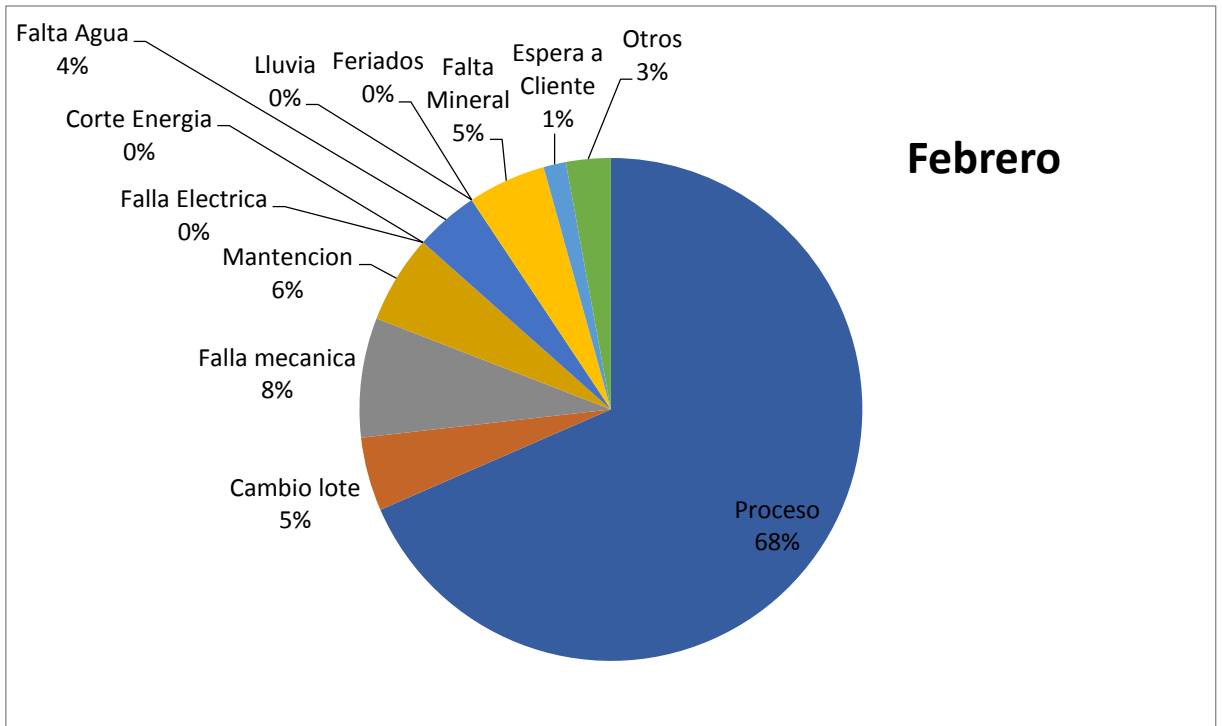
Figura 30: Planilla Excel proyección de correas.

4. Resumen en gráficos de disponibilidad de los 9 meses.



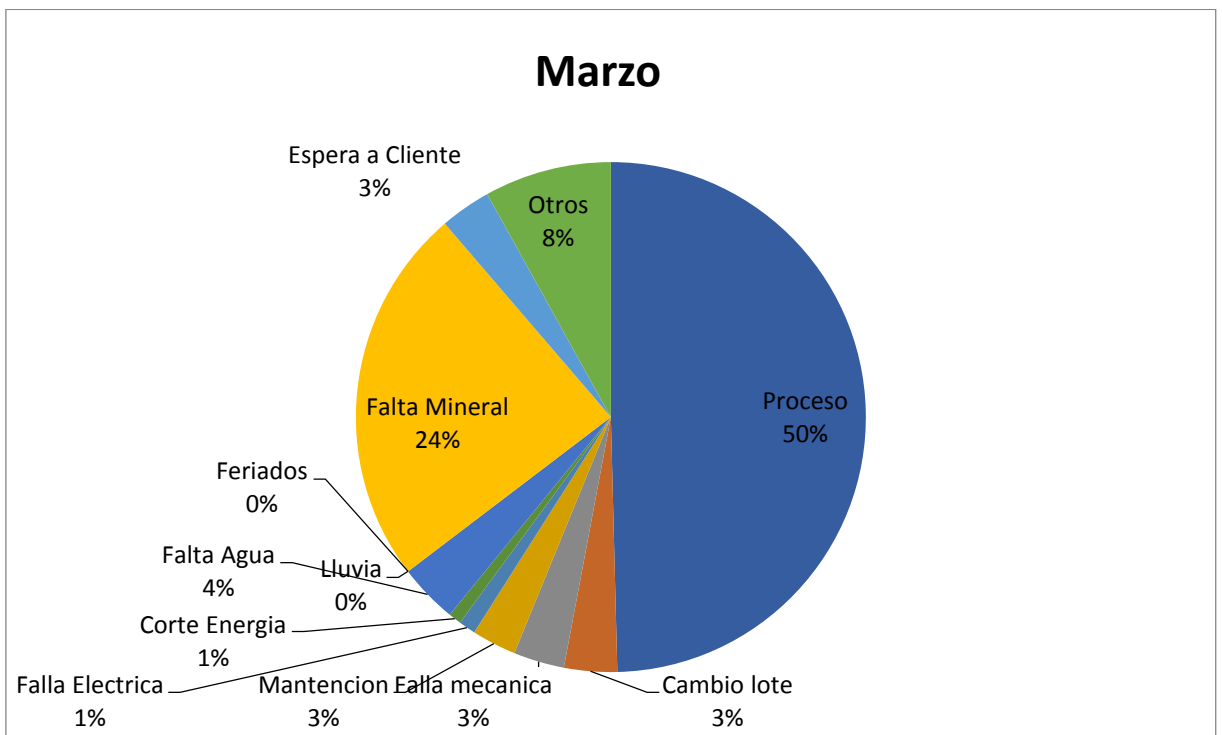
Fuente: Creación propia.

Figura 31: Grafico mes de Enero 2020.



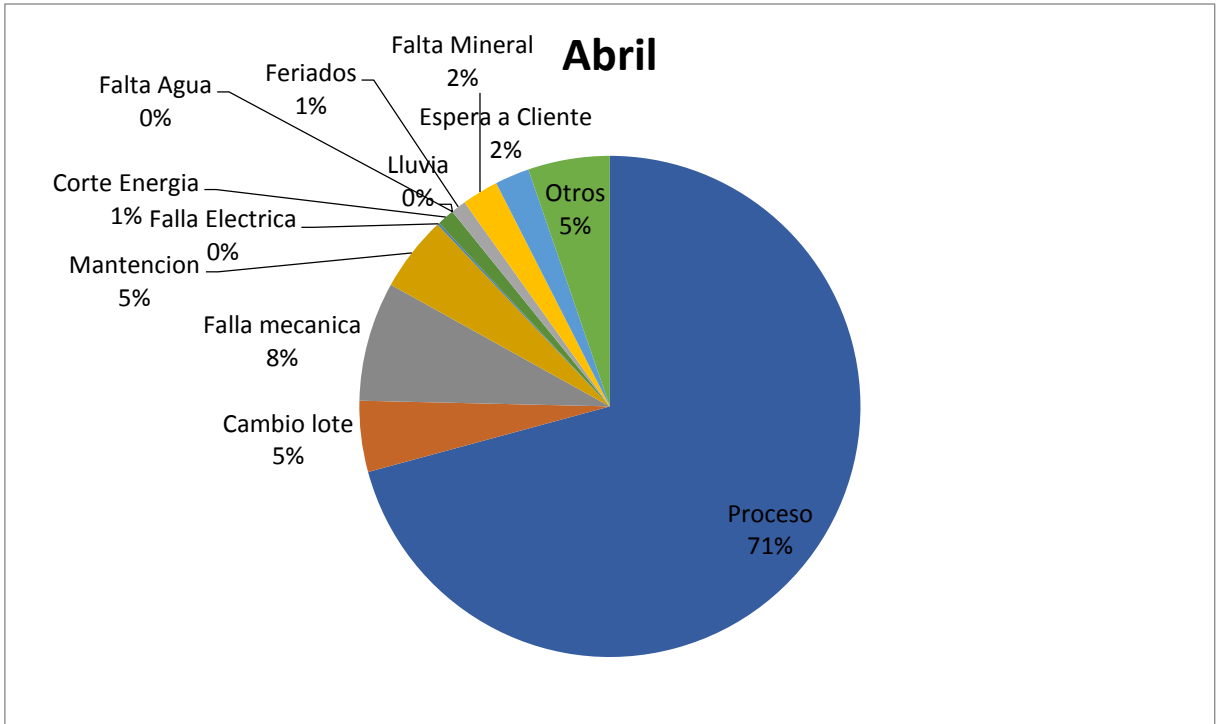
Fuente: Creación propia.

Figura 32: Grafico mes de Febrero 2020.



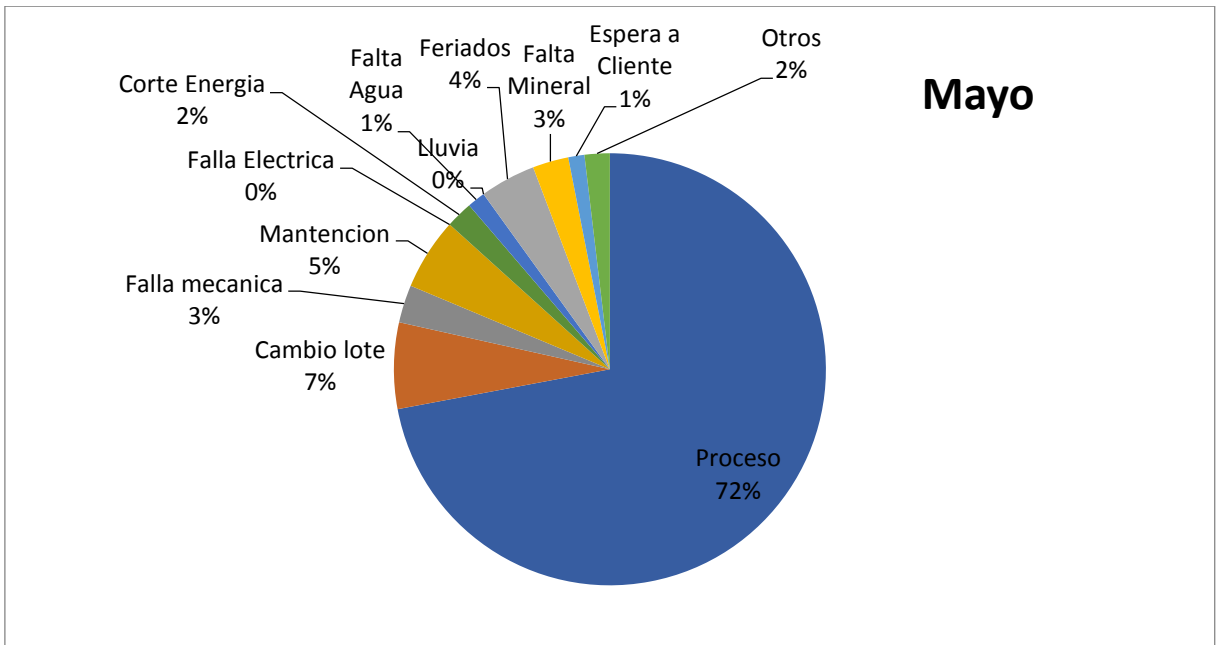
Fuente: Creación propia.

Figura 33: Grafico mes de Marzo 2020.



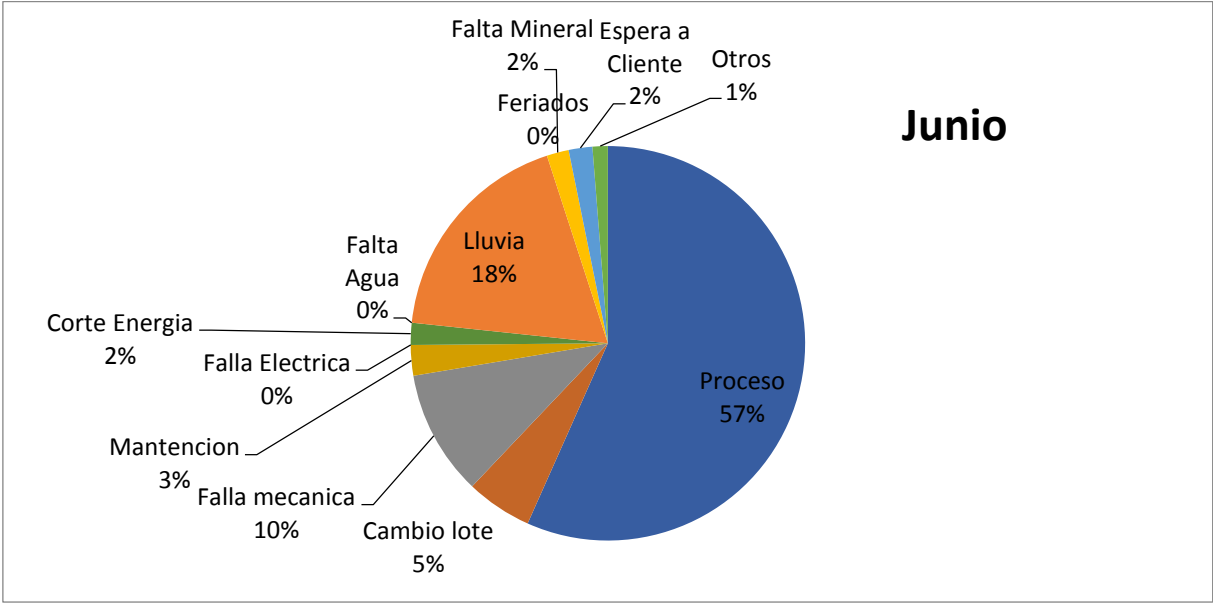
Fuente: Creación propia.

Figura 34: Grafico mes de Abril 2020.



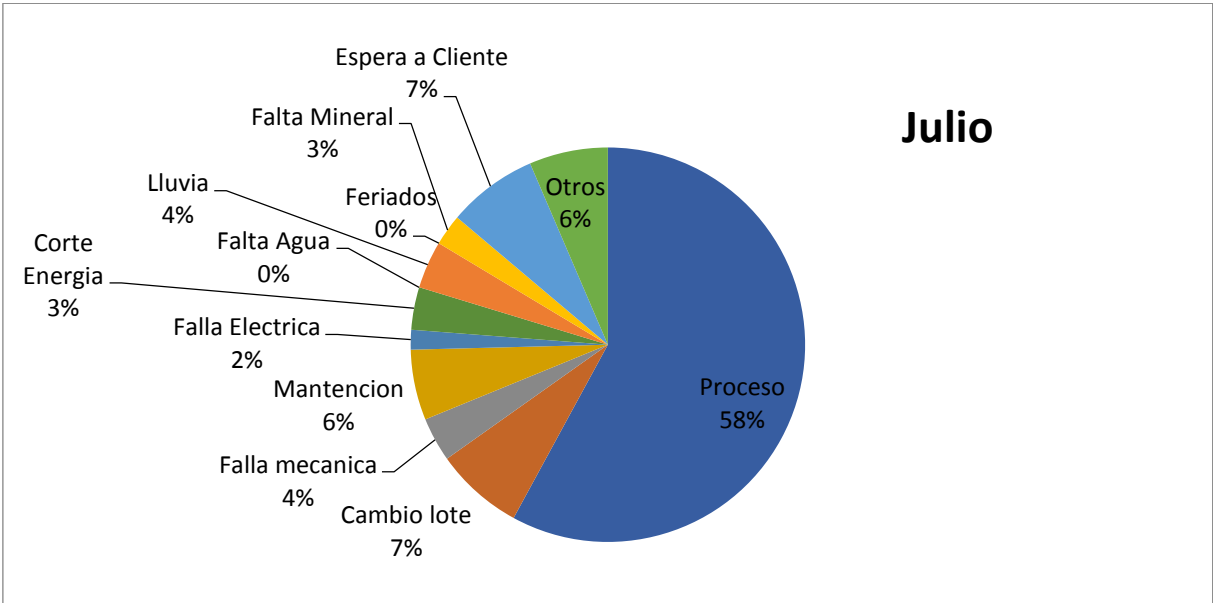
Fuente: Creación propia.

Figura 35: Grafico mes de Mayo 2020.



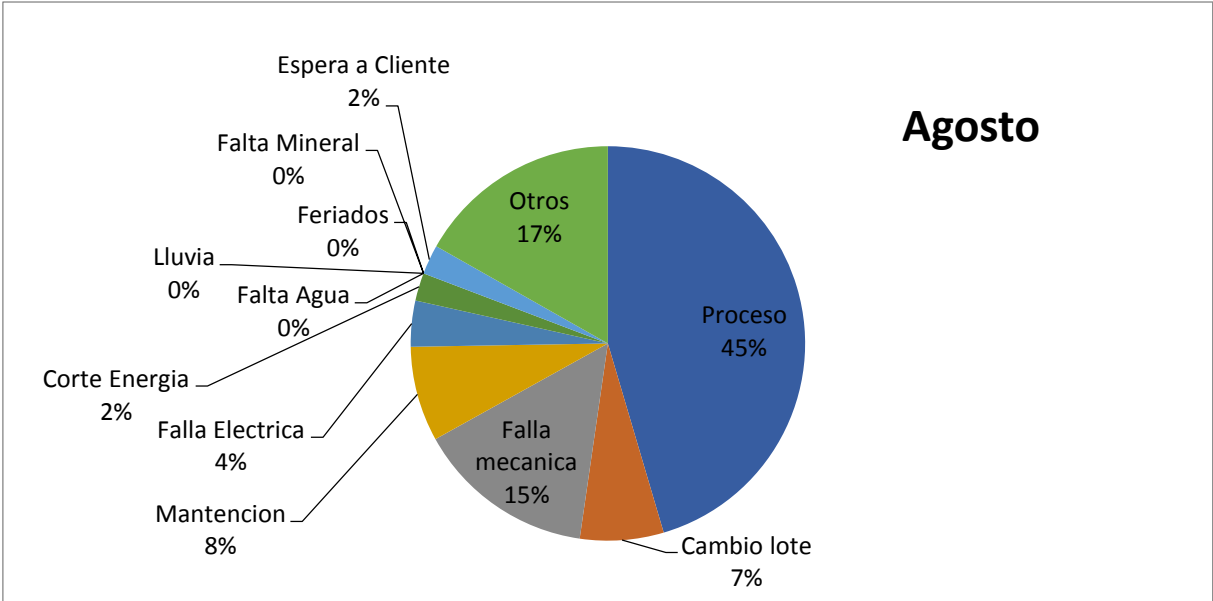
Fuente: Creación propia.

Figura 36: Grafico mes de Junio 2020.



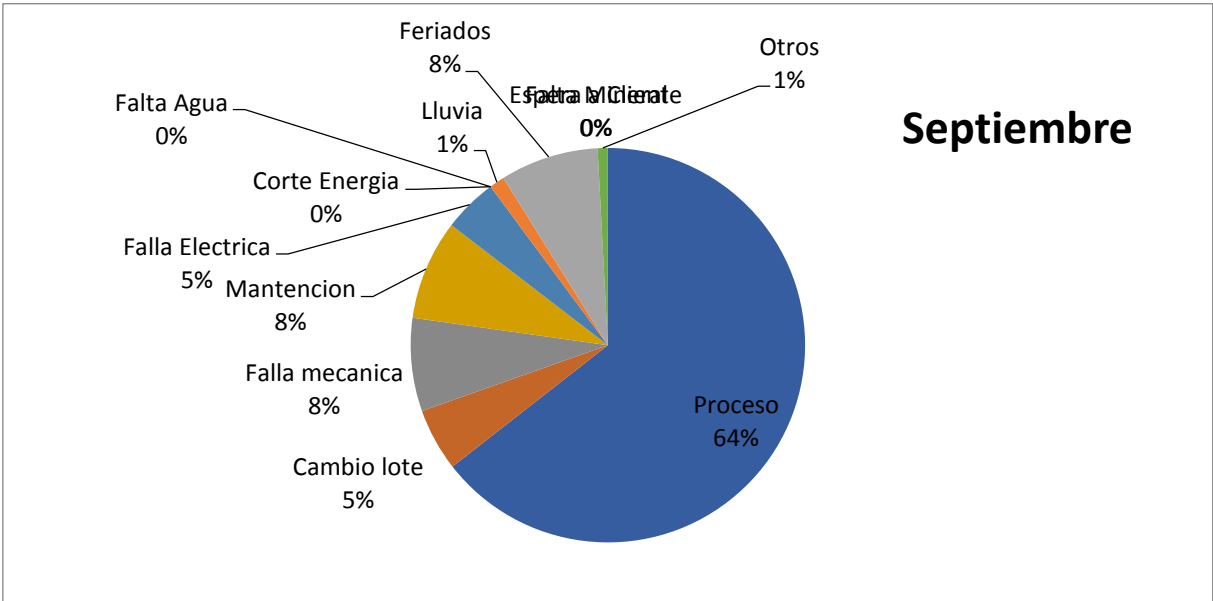
Fuente: Creación propia.

Figura 37: Grafico mes de Julio 2020.



Fuente: Creación propia.

Figura 38: Grafico mes de Agosto 2020.



Fuente: Creación propia.

Figura 39: Grafico mes de Septiembre 2020.